

IX CONFERENCIA «JUAN DE LA CIERVA»

INFLUENCIA DE LA TECNICA AEROESPACIAL EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Por Gregorio MILLAN BARBANY
Dr. Ingeniero Aeronáutico

Esta "Conferencia Juan de la Cierva", pronunciada en octubre de 1966, constituye un acto académico relevante que se celebra con motivo de la Asamblea Anual de la Asociación de Ingenieros Aeronáuticos.

INTRODUCCION

Cuando nuestro querido Presidente, Manuel de Sendagorta, que tan inmerecidas palabras acaba de dedicarme, me invitó amablemente a ocuparme de esta Conferencia, pensé que, en justicia, debería declinar tan honroso ofrecimiento, puesto que mi actividad profesional se desenvuelve hoy muy al margen de la técnica aeroespacial.

Pero, movido por el deseo de volver, aun cuando sea durante unas horas, al círculo aeronáutico, del que tan inolvidables recuerdos conservo, empecé tendenciosamente a encontrar argumentos favorables para encargarme de la tarea.

El primero fue, naturalmente, el tema señalado para la Conferencia, puesto que permitía contemplar la técnica aeroespacial desde fuera y con criterios de valoración en los que aparecían comprometidas otras tecnologías.

El segundo, y más emotivo, fue la oportunidad de participar una vez más en el homenaje a una figura ilustre de la aeronáutica española, a través de este acto académico, en cuya creación tuve el privilegio de intervenir directamente, cuando me cupo el honor de ostentar la presidencia de nuestra Asociación, en años ya bastante lejanos.

Hoy en que el desarrollo de las aeronaves de aterrizaje y despegue lento o vertical constituyen una tarea de urgencia, que ocupa una parte importante del esfuerzo aeronáutico de todos los países, cobra significación renovada la obra de Juan de la Cierva, al que anualmente rendimos tributo en actos como el presente.

Actos que deben servirnos para reflexionar, una vez más, sobre el ingenio y acierto con que supo resolver La Cierva, con los medios especialmente reducidos de que podía disponer entonces, los difíciles problemas que su empeño planteaba. A pesar de lo cual supo aportar soluciones originales, que han quedado definitivamente incorporadas por él a la aeronáutica mundial. Por ello cabe pensar hasta dónde habría llevado Juan de la Cierva el nombre de España, de haber podido continuar su obra con los recursos que hoy ofrecen el desarrollo alcanzado por la técnica y las nuevas condiciones de nuestro país.

Ahora en que muchos de los proyectos aeroespaciales adquieren una dimensión descomunal y fuera de alcance, su obra, tan personal, tiene, además de aleccionador para nosotros, el haberse aplicado a un propósito inteligentemente elegido, asequible y perseguido con perseverancia.

Dicho esto, permitámenle ustedes entrar ahora en la interpretación personal del tema que me ha sido encomendado por nuestra Asociación.

Pero antes, y puesto que la Tecnología Aeroespacial va a aparecer en lo que sigue como una tecnología de vanguardia, muy compleja y con un peso específico muy grande en el desarrollo industrial, quisiera salir anticipadamente al paso de cualquier interpretación de tipo profesional que pudiera verse en mi exposición, que no he pretendido nunca y que estaría, naturalmente, fuera de lugar y de propósito.

Porque, aparte de que la dificultad no es un privilegio del que quepa enorgullecerse, si algo queda bien claro en lo que sigue, es que nuestra Tecnología, para seguir adelante, requiere el concurso de todos, y que en ella se diluyen fronteras tradicionales entre los diversos sectores de la Ingeniería, en beneficio de un intercambio de experiencias y un trabajo en equipo, que marcan el signo de nuestra época.

Contemplada en su conjunto, la historia de la técnica muestra un desarrollo acumulativo, acelerado e intermitente, en el que períodos de fuerte innovación alternan con otros, más o menos largos, de perfeccionamiento y explotación de las nuevas posibilidades que esos descubrimientos aportan al acervo del conocimiento humano.

El gráfico número 1 ilustra, en sus líneas esenciales, este proceso histórico, con algunos de sus períodos de innovación más señalados, a partir del neolítico.

Se ha elegido ese momento inicial porque, si bien es cierto que el hombre había conseguido ya entonces algunas conquistas fundamentales (la del fuego, por ejemplo, data, al parecer, de hace 25.000 años), el neolítico puede considerarse como la primera revolución técnica en que el hombre desarrolla tecnológicas que cambian esencialmente su sistema de vida; en efecto, en un plazo que hoy puede pa-

recernos muy largo pero que resulta breve cuando se compara con la lenta evolución de las etapas precedentes, fábrica utensilios, se hace sedentario, cultiva la tierra, cría animales domésticos, teje fibras para vestirse, y se produce, al parecer, la primera explosión demográfica.

Ya a partir de la Revolución Industrial, cuyo origen se sitúa hacia 1750, pero especialmente durante la Revolución Científica que le sigue y que coincide básicamente con nuestro siglo, la aceleración de las innovaciones se dispara en términos que, sobre todo en nuestra época, hacen difícil su asimilación en el breve período activo de una generación.

Si se dispusiera de tiempo para ello, sería muy ilustrativo seguir este proceso comparativamente, en los grandes sectores técnicos que más directamente caracterizan las posibilidades de transformación del medio y de las relaciones humanas, estudiando sus

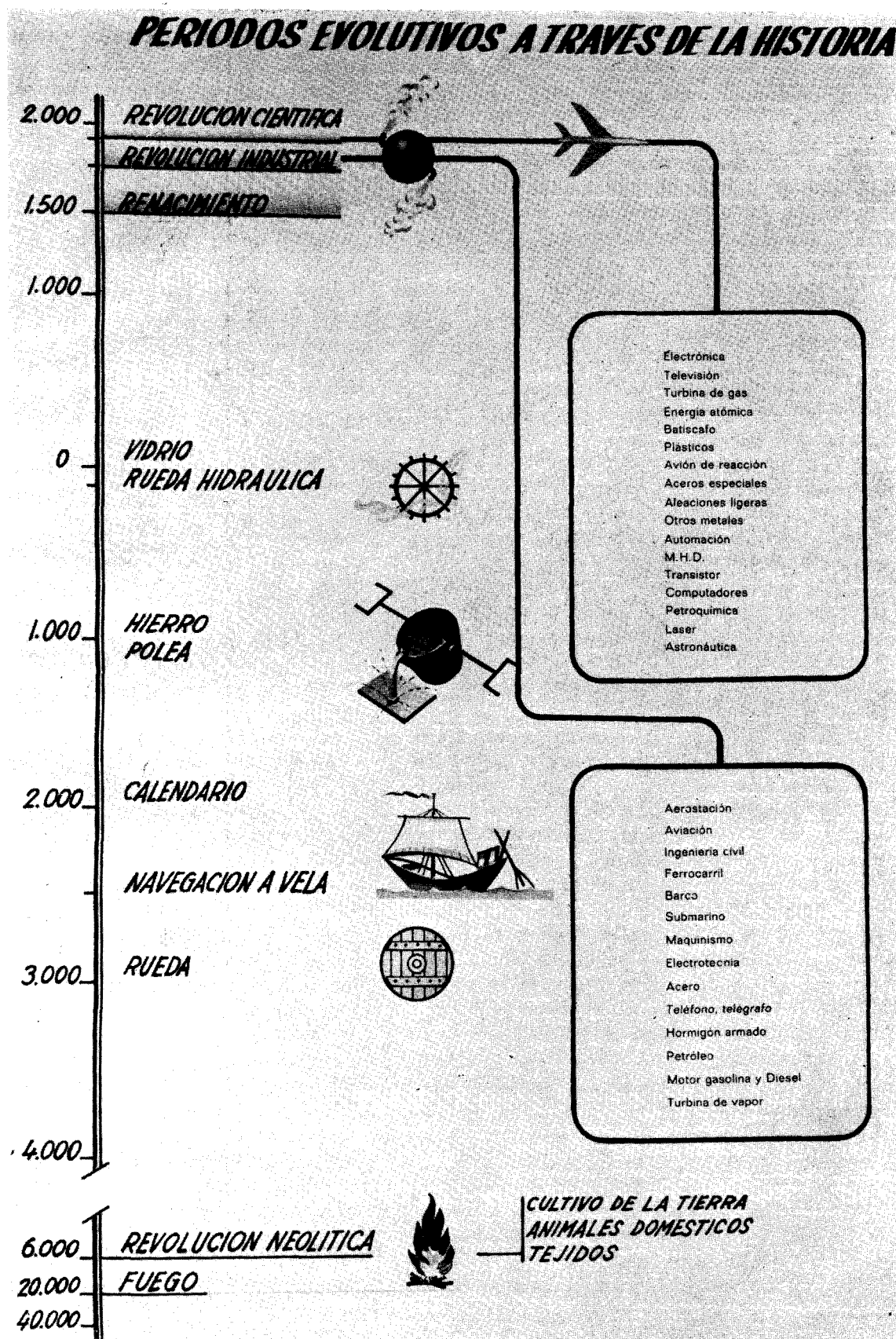


Figura 1.

mutuas influencias. Pienso especialmente en las tecnologías de la energía, de los materiales, del maquinismo y de los sistemas de comunicación y de transporte.

Entre todas esas tecnologías hay especialmente dos, de desarrollo reciente, las cuales, por la complejidad de sus realizaciones, por la ingente movilización de recursos económicos y humanos que requieren, por el profundo impacto de sus realizaciones en la vida humana y, finalmente, por la fuerza de arrastre que inducen en todas las demás, caracterizan mejor que ninguna otra las peculiaridades de la técnica moderna. Me refiero, naturalmente, a la tecnología nuclear y a la aeroespacial.

La primera nación del cerebro de un físico y del experimento de un laboratorio, es decir, constituye el ejemplo más puro de una tecnología derivada de la revolución científica.

La segunda, en su inicial vertiente aeronáutica, fue al comienzo el fruto combinado de hombres de inventiva, como los que hicieron la primera revolución industrial, y de rudimentarias teorías y experimentos de laboratorio. Pero muy pronto tuvo que hacer apelación sistemática a la ciencia y al ensayo, de donde hoy salen, ingeniosa y hábilmente manejadas por el proyectista, sus más representativas creaciones.

Ambas tecnologías tuvieron una primera manifestación destructiva, que cambió el significado de las guerras, bien sea en el Japón, en 1945, para la energía nuclear, o en la primera guerra mundial para la aviación, para desplegar después sus ilimitadas posibilidades al servicio del progreso, al mismo tiempo que se convertían, las dos combinadas, en un eficaz antídoto contra futuros conflictos, por la amenaza cierta de una destrucción total.

Renunciando aquí a seguir explorando un paralelismo entre estas dos técnicas, que creo pudiera llevarse bastante más lejos, en lo que sigue pasaremos a ocuparnos exclusivamente de la técnica aeroespacial, que constituye el objeto de la presente Conferencia, especialmente con vistas a considerar su influencia en el desarrollo industrial y técnico.

La posibilidad de trasladar a gran velocidad una carga útil entre dos puntos distantes, además separados frecuentemente por barreras que resultarían prácticamente infranqueables de otro modo, constituye la innovación esencial de la aviación en su manifestación utilitaria. Por ello, la expresión más elemental y directa de sus posibilidades la dan las nuevas velocidades y alturas que pueden conseguirse con este revolucionario sistema de comunicación.

Durante milenios, el hombre se ha movido exclusivamente sobre la superficie de la tierra. Ya en

la prehistoria conquistó la superficie de los mares, de cuyas profundidades ha logrado adueñarse no hace mucho, primero mediante los submarinos para aguas poco profundas, y, posteriormente, de las mayores profundidades, mediante los batiscafos.

Puede resultar justificada aquí esta mención, porque, como es sabido, en los últimos tiempos se está dedicando un esfuerzo importante al desarrollo de la tecnología de las profundidades submarinas, con múltiples propósitos de carácter científico, utilitario y militar, y con realizaciones muy espectaculares. Una expresión de ellas, a través de uno de sus más notables records, puede ser la siguiente: como es sabido, la profundidad máxima existente en la Tierra es de 11.500 metros, en la fosa Mariana, del océano Pacífico; pues bien, el batiscafo "Trieste" alcanzó, en 1960, la profundidad de 10.700 metros, que representa, como vemos, casi el límite natural.

Por otra parte, esta tecnología submarina presenta con la aeroespacial la semejanza de desarrollarse en un medio hostil a la vida y bajo condiciones extremas, que en ella se caracterizan, por ejemplo, por las muy grandes presiones del fondo de los océanos, frente a los altos vacíos y elevadas velocidades y temperaturas características de la astronáutica.

Por lo que respecta a la altura, en el espacio las posibilidades son ilimitadas. Frente a ellas lo logrado hasta ahora, en vuelos regulares, si bien constituye una gran conquista, apenas ha despegado al hombre de la superficie. Por ejemplo, los aviones comerciales de émbolo han volado regularmente por debajo de los 8.800 metros del pico Everest, alcanzado a pie por Hillary y Tensing, en 1953. Los reactores subsónicos comerciales vuelan usualmente a 10 ó 12.000 metros, y los supersónicos de la primera generación lo harán a los 20.000. En materia de records la situación aparece más satisfactoria, puesto que la de globo tripulado está en 34 Km.; la de avión, en 108 kilómetros, con el experimental X-15, y en satélite tripulado se han alcanzado alturas máximas de 1.300 kilómetros.

Si nos fijamos ahora en la velocidad, la situación aparece como más satisfactoria. El gráfico número 2 muestra las velocidades típicas para diferentes sistemas de transporte, desde la marcha a pie hasta la astronave, en condiciones normales de utilización. Con objeto de poder cubrir todo el espectro en un solo gráfico, ha sido necesario cambiar de escala por dos veces, lo que ya evidencia el salto en dos órdenes consecutivos de magnitud que introducen, respectivamente, la aviación y la astronáutica.

La primera zona corresponde a los transportes

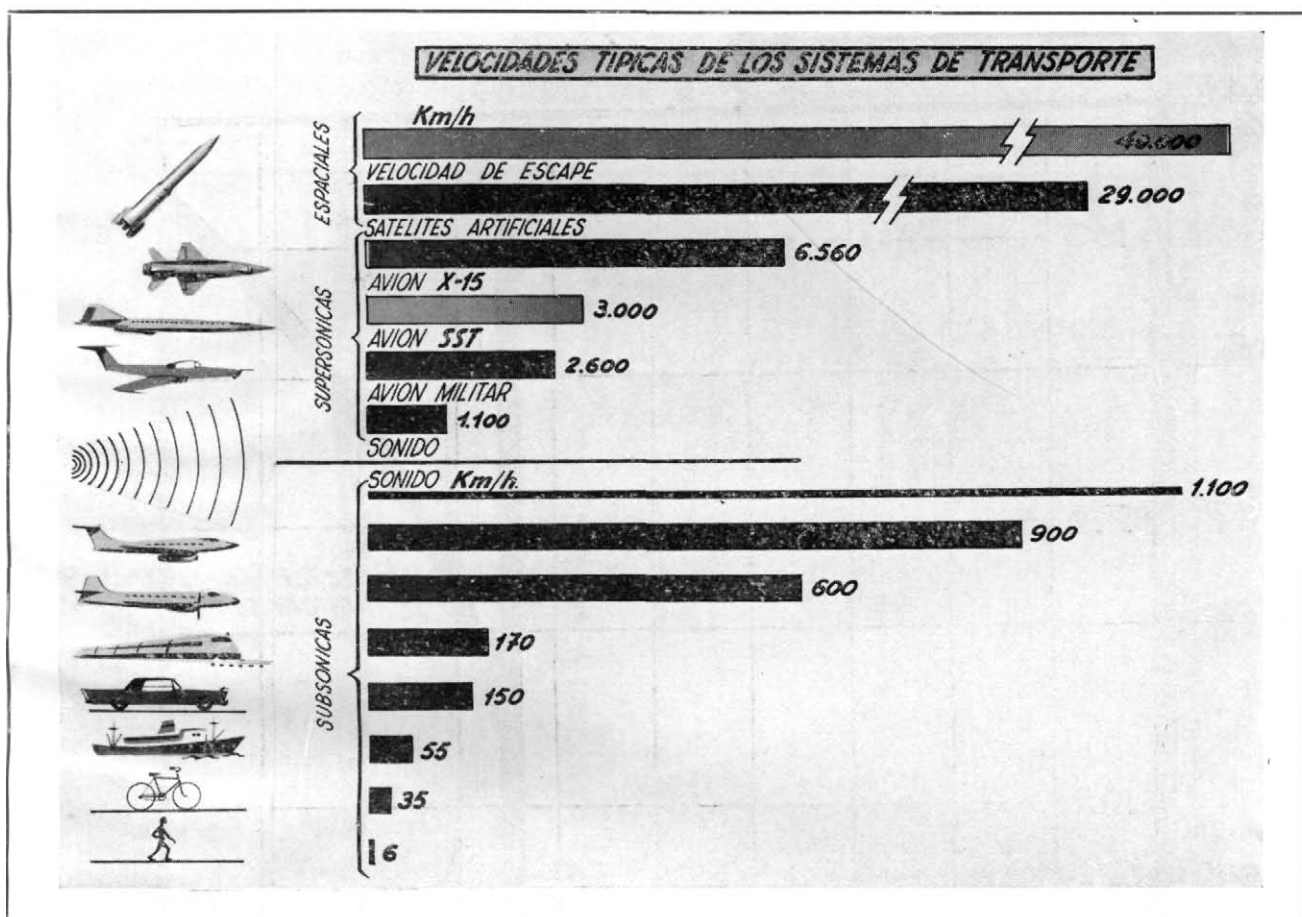


Figura 2.

de superficie y a la aviación subsónica. La segunda, a la aviación supersónica, en cuyo umbral nos encontramos, y a la hipersónica, que también se inicia ahora, aunque tan solo en fase experimental y en su límite inferior, con los vuelos del avión X-15, antes citado.

Finalmente, la tercera zona corresponde a las velocidades espaciales, donde existen dos particulares de especial significación: la orbital alrededor de la tierra, de 29.000 Km. por hora, repetidamente alcanzada ya en vuelo tripulado, y la de escape, de 40.000 Km., que experimentará el hombre en los viajes a la Luna, próximos a realizarse, y en los interplanetarios que le sigan.

Por consiguiente, el avión de émbolo ha multiplicado por 100 la velocidad de un peatón; el supersónico, hoy en proyecto, lo hará por 500, y el vuelo espacial lo ha hecho por 5.000.

Circunscribiéndonos por un momento a la aeronáutica, el gráfico número 3 (*) muestra las velo-

cidades y números de Mach límites correspondientes a cada uno de los tipos de aeronaves, desde las de despegue y aterrizaje corto o vertical, hasta las de hélice y de reactor subsónico, hoy en uso, o supersónicas.

La combinación de la velocidad y de la altura da lugar a una situación de compromiso, ya que si se vuela demasiado alto falta densidad de aire para lograr una sustentación suficiente, mientras que si se hace demasiado bajo y muy rápido, el calentamiento de la aeronave resulta prohibitivo por razones de resistencia estructural y de otra índole. Ello define, para cada velocidad, dos alturas, y su conjunto, al cambiar aquélla, permite delimitar el "corredor" de condiciones posibles que se muestran en la figura número 4 (*).

Como es sabido, dos grandes empeños actuales, que ocupan una gran parte del esfuerzo de desarrollo aeronáutico presente son, de un lado, la realización de aeronaves de despegue y aterrizaje corto

(*) E. H. Heinemann: "Aviation in Perspective". 53 Wilbur Wright Memorial Lecture. *Journal of Royal Aeronautical Society*. Febrero 1965.

(*) E. H. Heinemann: "Aviation in Perspective". 53 Wilbur Wright Memorial Lecture. *Journal of Royal Aeronautical Society*. Febrero 1965.

VELOCIDADES AERONAUTICAS

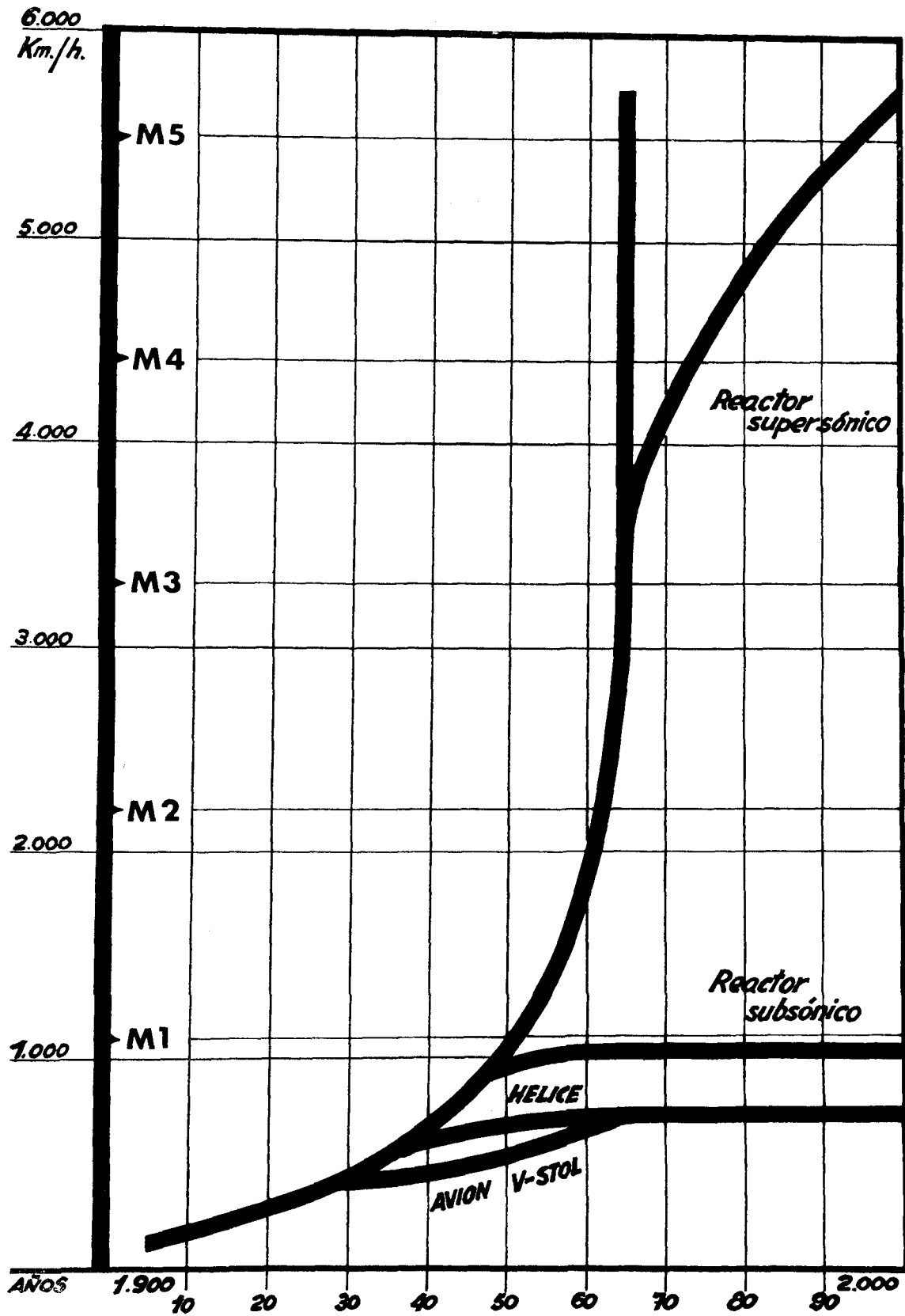


Figura 3.

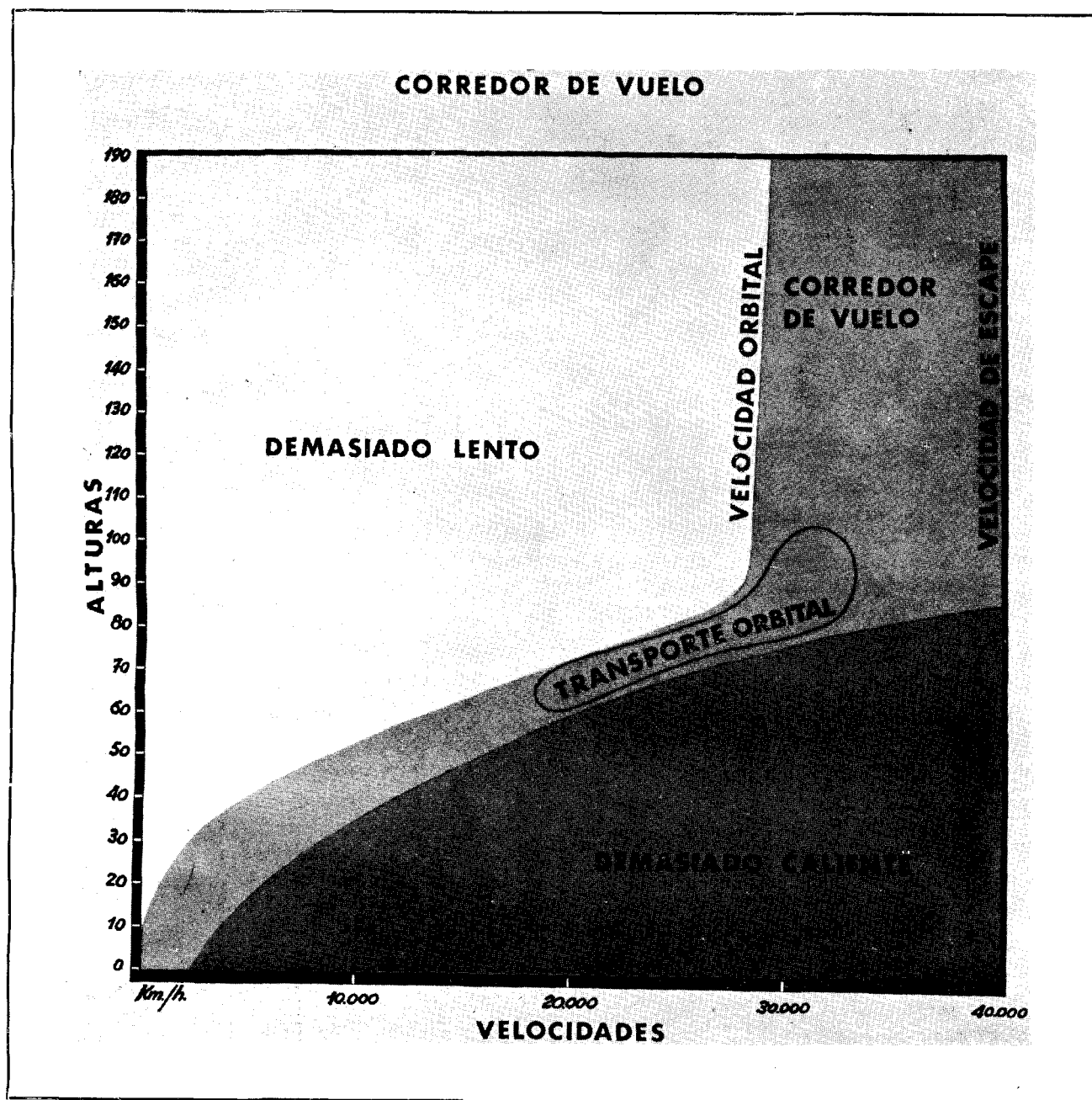


Figura 4.

o vertical (V/STOL), que pretenden combinar rentablemente las ventajas del helicóptero en las maniobras de acercamiento, con las del avión comercial en crucero; de otro, los aviones supersónicos comerciales que transferirán al campo civil la experiencia ganada en los ensayos y en el vuelo supersónico militar, hoy plenamente logrado.

El problema de aeronaves de maniobra vertical brinda amplio campo a la imaginación del proyectista en un sector muy especializado, y cuya resolución constituirá una aportación práctica de gran

utilidad. Sin embargo, su estudio no implica la movilización de esfuerzos demasiado grandes ni de técnicas de vanguardia comparables a las del avión comercial supersónico.

Para lograr éste, en cambio, el esfuerzo técnico y económico requerido es de tal magnitud que se hace necesaria, por parte de la iniciativa privada, la apelación a la ayuda gubernamental, cuando no a la cooperación entre países. Tal es el caso de Inglaterra y Francia que, después de iniciar separadamente los estudios, decidieron aunar esfuer-

zos en el proyecto "Concorde", ganando con ello, una vez más, la prioridad a los Estados Unidos, como ya ocurrió con los reactores subsónicos. En efecto, el primer vuelo del "Concorde" deberá celebrarse en Tolouse, en febrero de 1968, mientras que los norteamericanos sólo podrán hacerlo algunos años más tarde. Puesto que los estudios se iniciaron en ambos países, a nivel primero de Compañías privadas, en 1956, se ve que se habrá necesitado un mínimo de doce años para comercializar la solución.

El gráfico número 5 resume las características esenciales de los cuatro proyectos hoy en ejecución o en estudio. El francés ya citado; el americano, en su doble versión Boeing y Lockheed, de capacidad aproximadamente doble y de velocidad un 25 por 100 mayor; finalmente, el ruso, solución de tipo muy próximo al "Concorde".

Desde el punto de vista de la aeronave, el mayor enemigo del vuelo supersónico es la temperatura, que en el "Concorde" alcanzará los 120° C. sobre la superficie del avión, y en el americano será de 230° C. Esa diferencia obliga, en la solución americana, a utilizar una aleación de titanio para la estructura, mientras que en el "Concorde" podrá seguir siendo de aluminio, salvo eventualmente en puntos determinados. La temperatura no sólo afecta, naturalmente, a la resistencia estructural, sino también al comportamiento de todo el equipo y mecanismos del avión y plantea nuevos problemas de refrigeración, aparte de hacer apelación en todo ello a materiales hasta hoy exóticos, como hemos visto, o con características muy especiales.

Incidentalmente, un problema de consideración, a cuyo estudio y resolución se está dedicando un importante programa de trabajo, tanto por los efectos de las sobrepresiones en puntos del avión como por la perturbación en zonas habitadas, es el de los "bangs" o explosiones sónicas de las ondas de choque.

En particular, ya en 1964, la Administración norteamericana realizó un experimento de seis meses de duración sobre la ciudad de Oklahoma, de simulación de vuelos supersónicos comerciales, empleando aviones militares supersónicos, que provocaron más de 1.200 "bangs", con objeto de determinar la reacción de los habitantes y los posibles daños que ocasionasen las ondas de sobrepresión. Por cierto, que la ciudad, tras un largo proceso, había ganado poco antes una indemnización de 20 millones de pesetas por daños tales como la rotura de cristales, originados por los "bangs" sónicos durante la Demostración Aeronáutica Nacional, que se celebró allí en 1956.

En tierra, la generalización del vuelo supersó-

nico plantea también muy serios problemas de infraestructura, ayudas a la navegación y organización, que obligarán a renovar sustancialmente la técnica de todas las servidumbres.

El precio de venta previsto para el "Concorde" es de unos 1.100 millones de pesetas unidad, existiendo ya numerosas opciones por parte de varias Compañías aéreas. El del avión norteamericano se estima hoy en el doble (*). Para tener una referencia de lo que estas cifras representan, baste decir que cada avión norteamericano costará lo mismo que tres barcos petroleros de 200.000 Tm. de registro bruto.

En cuanto al costo del esfuerzo de desarrollo total, hasta lograr la homologación de la preserie para el vuelo comercial, se cifra para el "Concorde" en cerca de 100.000 millones de pesetas, cifra que se multiplica por dos en el caso norteamericano. Si quieren ustedes aquí también una base de comparación que les sirva de referencia, recuerden que el célebre proyecto Manhattan de la segunda guerra mundial, para el desarrollo de la bomba atómica, costó solamente unos 2.000 millones de dólares, cantidad que entonces pareció muy grande, pero que hoy resulta ser la mitad tan solo del proyecto supersónico norteamericano. Incluso corrigiéndola por el cambio de valor de la moneda, con lo que se elevaría a 3.000 millones, sigue siendo menor.

El vacío que queda entre la aviación supersónica del futuro inmediato y la astronáutica orbital o interplanetaria, podría llenarse con el avión comercial orbital propuesto por E. H. Heinemann, capaz de alcanzar cualquier punto de la tierra en menos de una hora. Pero este proyecto nos suena hoy tanto a fantasía como debió parecerles el transporte supersónico a los técnicos de entre guerras.

Pasemos ahora, por unos minutos, al campo de la astronáutica, donde los acontecimientos espectaculares se suceden a un ritmo aún más vertiginoso.

Siendo su primer problema el de disponer de un medio autónomo de propulsión suficientemente potente en relación con su peso (problema que también fue el número uno en los primeros días de la aviación), los antecedentes de la era espacial hay que referirlos a los trabajos sobre cohetes del ruso Tsiolkowski, del norteamericano Goddard y del alemán Oberth, durante el primer tercio de nuestro siglo. Los más próximos se encuentran en las realizaciones alemanas del V-2 y sus derivados durante la Segunda Guerra Mundial y, finalmente, en los proyectiles balísticos intercontinentales desarrollados

(*) Según noticias de última hora, la Administración Norteamericana ha optado por la solución propuesta por la Casa Boeing.

AVIONES COMERCIALES SUPERSONICOS

CONCORDE

VELOCIDAD DE CRUCERO	2,2 Mach
ALTURA DE CRUCERO	19.000 m.
RADIO DE ACCION	6.400 km.
N.º DE PASAJEROS	135
REACTORES	4 de 15.000 kg. empuje
PESO AL DESPEGAR	148 t.

TUPOLEV TU-144

VELOCIDAD DE CRUCERO	2 Mach
ALTURA DE CRUCERO	19.000 m.
RADIO DE ACCION	6.400 km.
N.º DE PASAJEROS	120
REACTORES	4 de 13.000 kg. empuje
PESO AL DESPEGAR	

LOCKHEED 2.000

VELOCIDAD DE CRUCERO	2,7 Mach
ALTURA DE CRUCERO	20.000 m.
RADIO DE ACCION	6.500 km.
N.º DE PASAJEROS	300
REACTORES	4 de 27.300 kg. empuje
PESO AL DESPEGAR	250 t.

BOEING 733

VELOCIDAD DE CRUCERO	2,7 Mach
ALTURA DE CRUCERO	21.000 m.
RADIO DE ACCION	6.500 km.
N.º DE PASAJEROS	350
REACTORES	4 de 27.700 kg. empuje
PESO AL DESPEGAR	300 t.

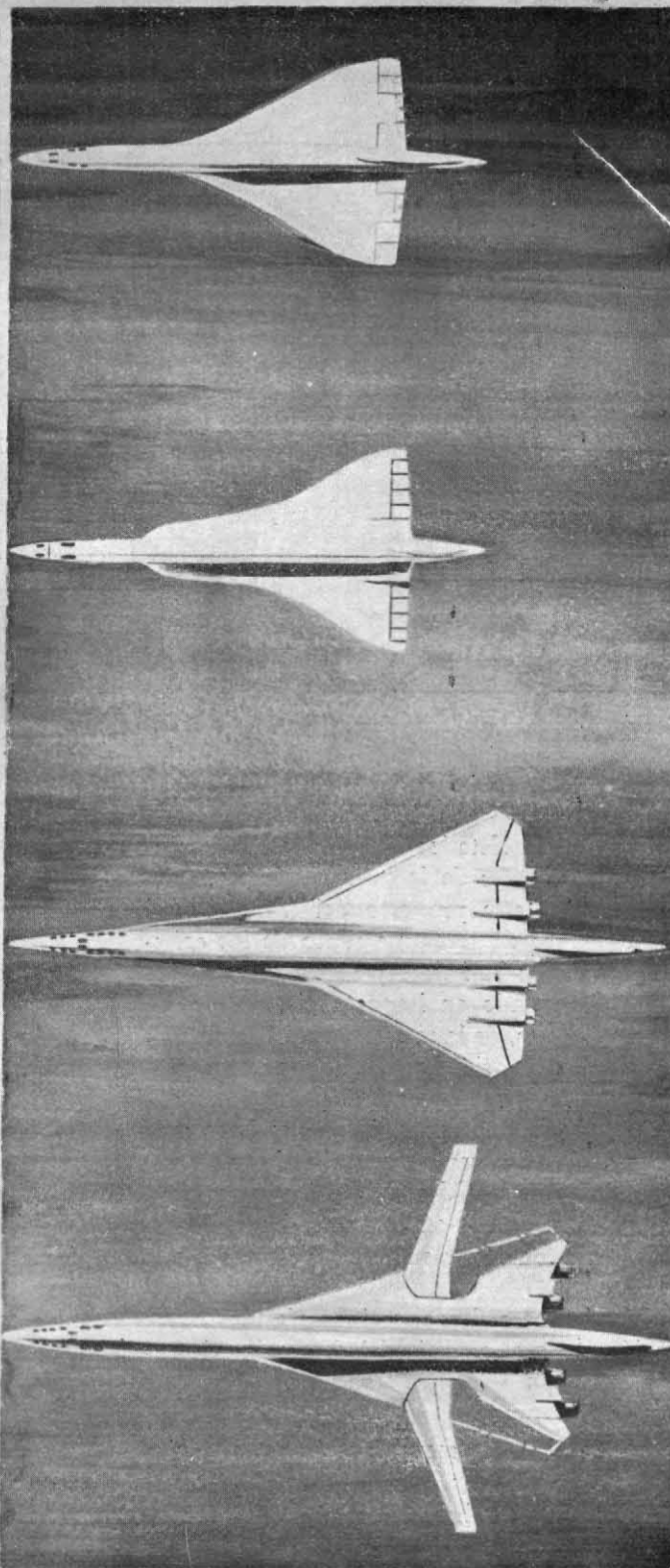


Figura 5.

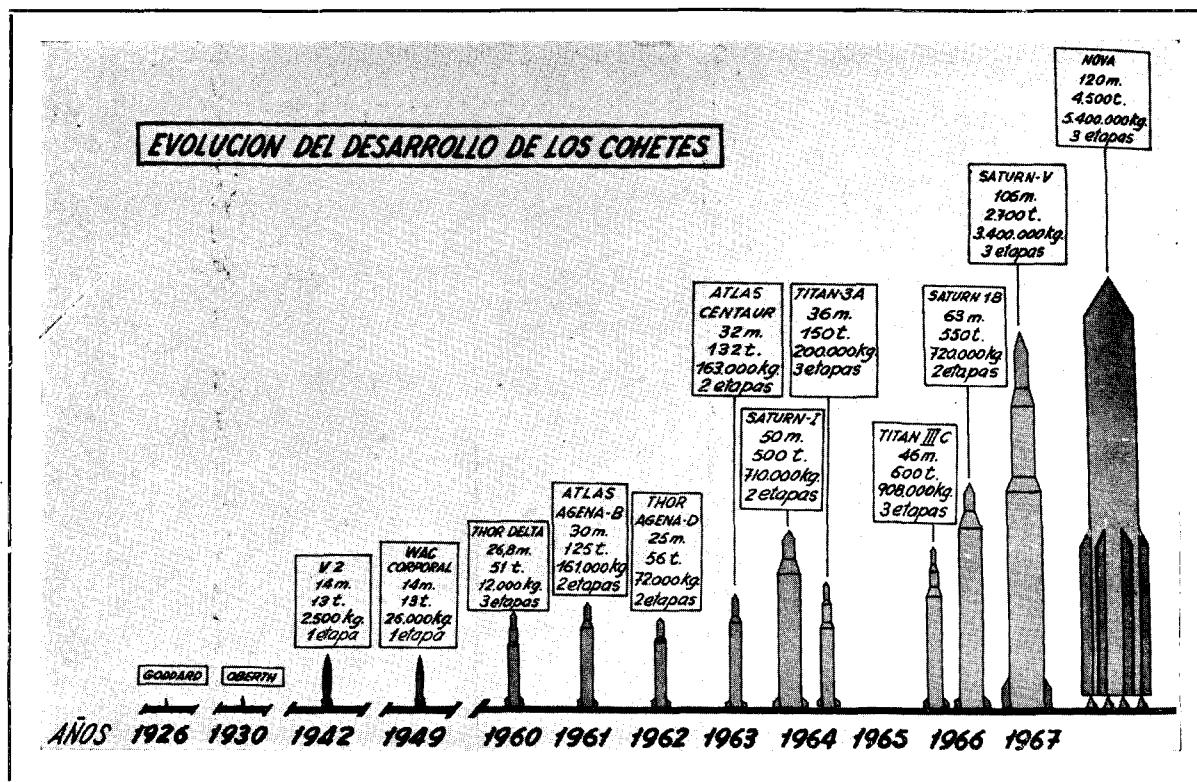


Figura 6.

simultáneamente en Estados Unidos y Rusia durante los años recientes de la guerra fría (*).

Por cierto que este proyecto del V-2, el cual constituye el punto de arranque cierto de los cohetes para los ingenios balísticos y astronáuticos posteriores, fue el segundo en importancia, detrás del Manhattan ya citado, de la segunda guerra mundial, movilizando un potencial humano de 12.000 personas. Una vez más aparece así el paralelismo entre lo nuclear y lo aeroespacial, que se hace más próximo todavía al observar que el primer lanzamiento con éxito de un V-2 y la primera reacción nuclear en cadena, ambos en fase experimental, naturalmente, tuvieron lugar en 1942, con dos meses de diferencia.

El gráfico número 6 proporciona algunos datos de dimensión, peso y empuje del desarrollo de cohetes, que permiten formarse una idea del avance logrado en este campo.

Como todos ustedes recuerdan, la astronáutica entró en el terreno de las realizaciones efectivas al situarse en órbita el primer satélite artificial, du-

(*) Noticias recientes de experimentos con proyectiles balísticos de medio alcance, con cabeza nuclear, efectuados en China roja, indican que este país se halla próximo también a conseguir ese tipo de arma.

rante el Año Geofísico Internacional, el 4 de octubre de 1957, coincidiendo precisamente con el Congreso Astronáutico Internacional que se celebraba en Barcelona por aquellos días. Los nueve años transcurridos desde entonces han estado tan llenos de acontecimientos astronáuticos como prometen estarlo los venideros. Su cronología está tan próxima y presente en el ánimo de todos, que no se justifica una enumeración detallada. Por ello me limitaré a mostrar en la figura 7 el número anual de lanzamientos efectuados con éxito, respectivamente, por Rusia y Estados Unidos a partir de aquella fecha inicial. De entre el medio millar largo, que se han hecho, la figura 8 resume algunos de los que han alcanzado más fama, si bien es sabido que en el campo científico, otros muchos, con menor resonancia, han aportado descubrimientos muy importantes, ya desde el primer momento.

Téngase presente que la tecnología completa de esta especialidad ha habido que aprenderla sobre la marcha, y que muchas de las condiciones encontradas en la experiencia real no se pueden reproducir previamente en el laboratorio, pese a las nuevas facilidades de los Centros de ensayos espaciales. Por ello, los progresos logrados durante esos nueve brevísimos años, transcurridos desde el lanzamien-

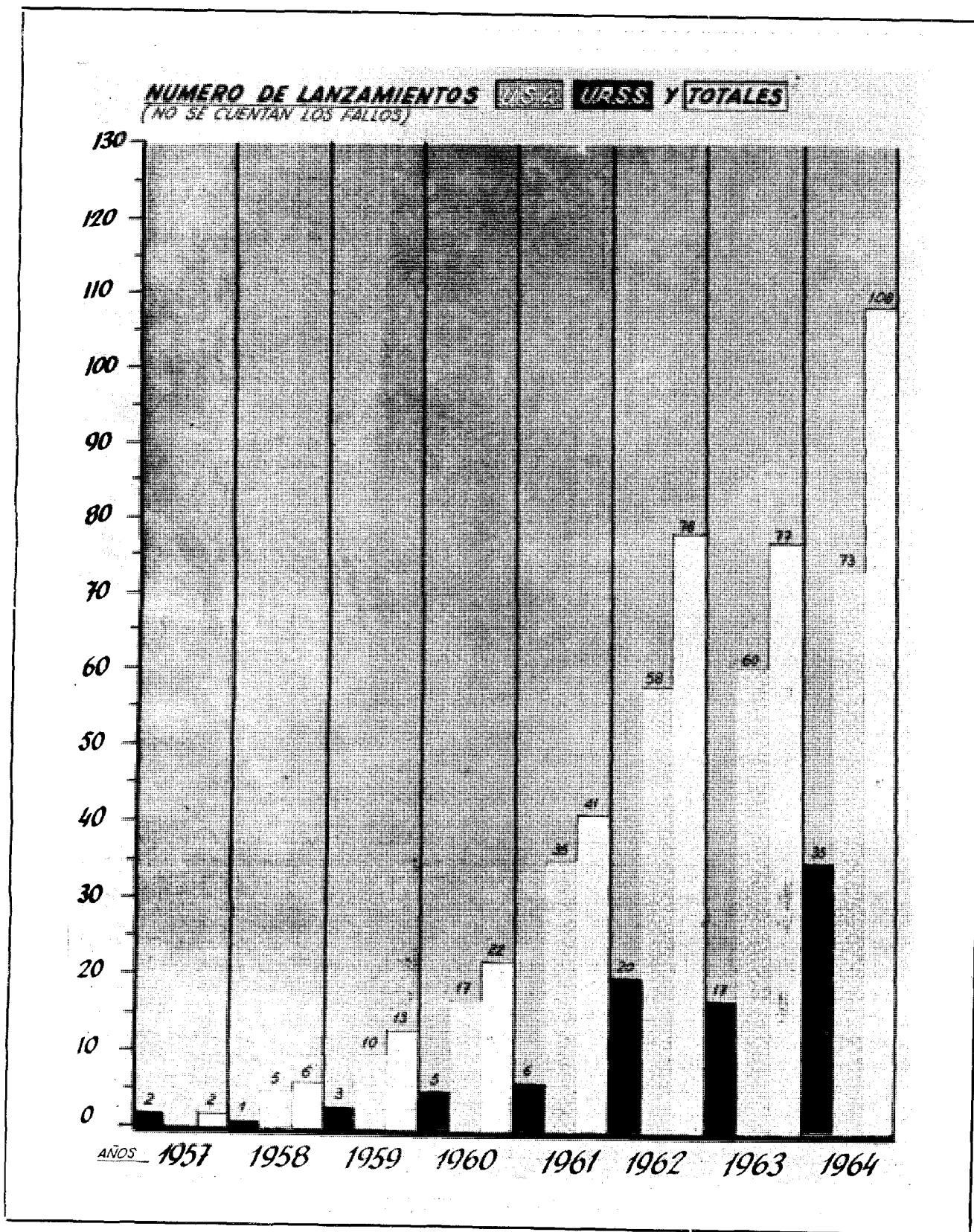


Figura 7.

ALGUNOS ACONTECIMIENTOS DESTACADOS DE LA ASTRONAUTICA

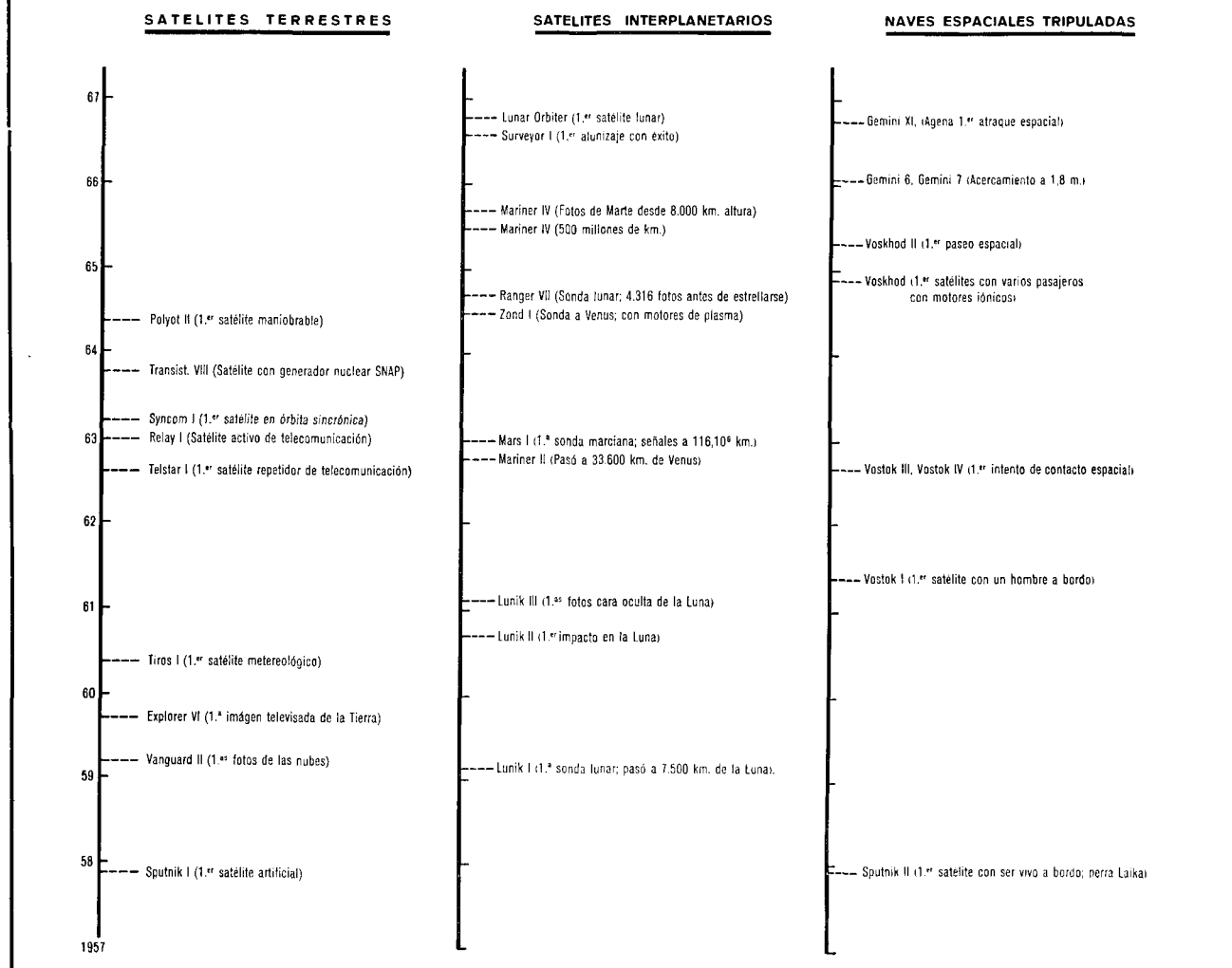


Figura 8.

to del primer satélite, dan la medida del esfuerzo desmesurado que ha sido necesario aplicar para resolver los problemas y reducir los ciclos naturales de proyecto, construcción, ensayo y puesta a punto, a los que hemos aludido antes, para los sistemas menos complejos de la aeronáutica, en el caso del avión supersónico. Razones combinadas de seguridad y prestigio han actuado de estímulo poderoso para lograrlo, por parte de los dos grandes países enfrentados en la carrera espacial.

Como también asombra, por la medida que da del grado de seguridad alcanzado, el elevado índice de fiabilidad conseguido casi desde el primer momento y del que se tiene noticia exacta para Norteamérica, por haber actuado siempre a la luz pública

en sus experimentos (*). La figura 9 permite apreciar la satisfactoria evolución de dicho índice por la creciente proporción de lanzamientos con éxito que se ha logrado. Puesto que Rusia ha actuado con la urgencia de la prioridad y no ha dado publicidad previa a sus lanzamientos, no parece probable que su grado de fiabilidad supere al de Norteamérica, el cual reflejaría así lo que puede lograrse hoy en ese campo. Lo que esto significa como progreso y dominio de una técnica, se aprecia en su pleno va-

(*) El primer accidente fatal ha tenido lugar el día 27 de enero al producirse las tres primeras víctimas, durante un ensayo en tierra de la cápsula tripulada, en atmósfera de oxígeno, sobre el cohete "Saturno", para el programa "Apolo". Horas más tarde, se produjeron dos nuevas víctimas en circunstancias similares.

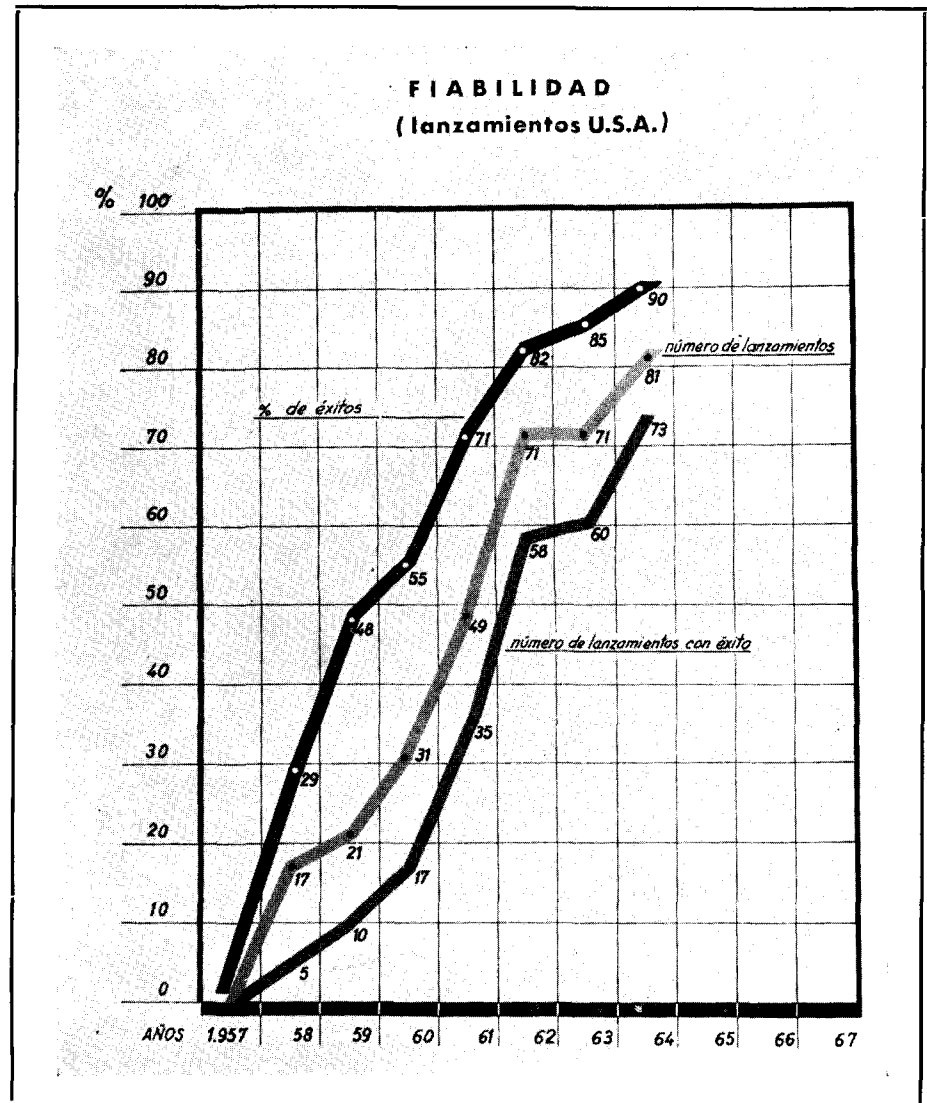


Figura 9.

ler al pensar en las muchas vidas que costó la aviación en su época heroica, en gran parte por defectos de fiabilidad, mientras que todos los astronautas norteamericanos han podido regresar ilesos de sus misiones, infinitamente más difíciles y arriesgadas.

En especial, la fundamental influencia de la calidad de fabricación en la seguridad, ha motivado el que en la aeronáutica se aplicasen, desde los primeros momentos, unas exigencias habitualmente mucho más estrictas que las de las restantes tecnologías. Lo que este mayor rigor representa para su perfeccionamiento debe contarse entre las más positivas aportaciones de la aeronáutica al progreso general de la tecnología. Como el tema ha sido ampliamente tratado en la literatura técnica y es sobradamente conocido, no insistiré más sobre él.

Sí señalaré, en cambio, los dos escalones sucesivos de mayor perfección en la calidad con respecto a la aeronáutica, que han introducido recientemente

el desarrollo de los grandes ingenios balísticos, primero, y la astronáutica, después. Esto se debe a que, en el primer caso, el costo del fallo en un lanzamiento se mide en miles de millones de pesetas; en el segundo, a un costo mucho mayor, al que se unen efectos de prestigio y de seguridad personal.

Dejando aquí este tema, un tanto árido, pero sumamente importante, volvamos a cuestiones más generales de la astronáutica.

Por las grandes implicaciones de prestigio y seguridad y por la magnitud del esfuerzo científico, técnico y económico que ello exige, Norteamérica decidió elaborar un plan nacional del espacio, señalando unos objetivos, unos medios y un sistema de actuación coordinada, en el Acta del Congreso de 1958, que dio lugar a que el antiguo NACA se transformase en la NASA actual, con nuevas concepciones y recursos y con atribuciones muy reforzadas.

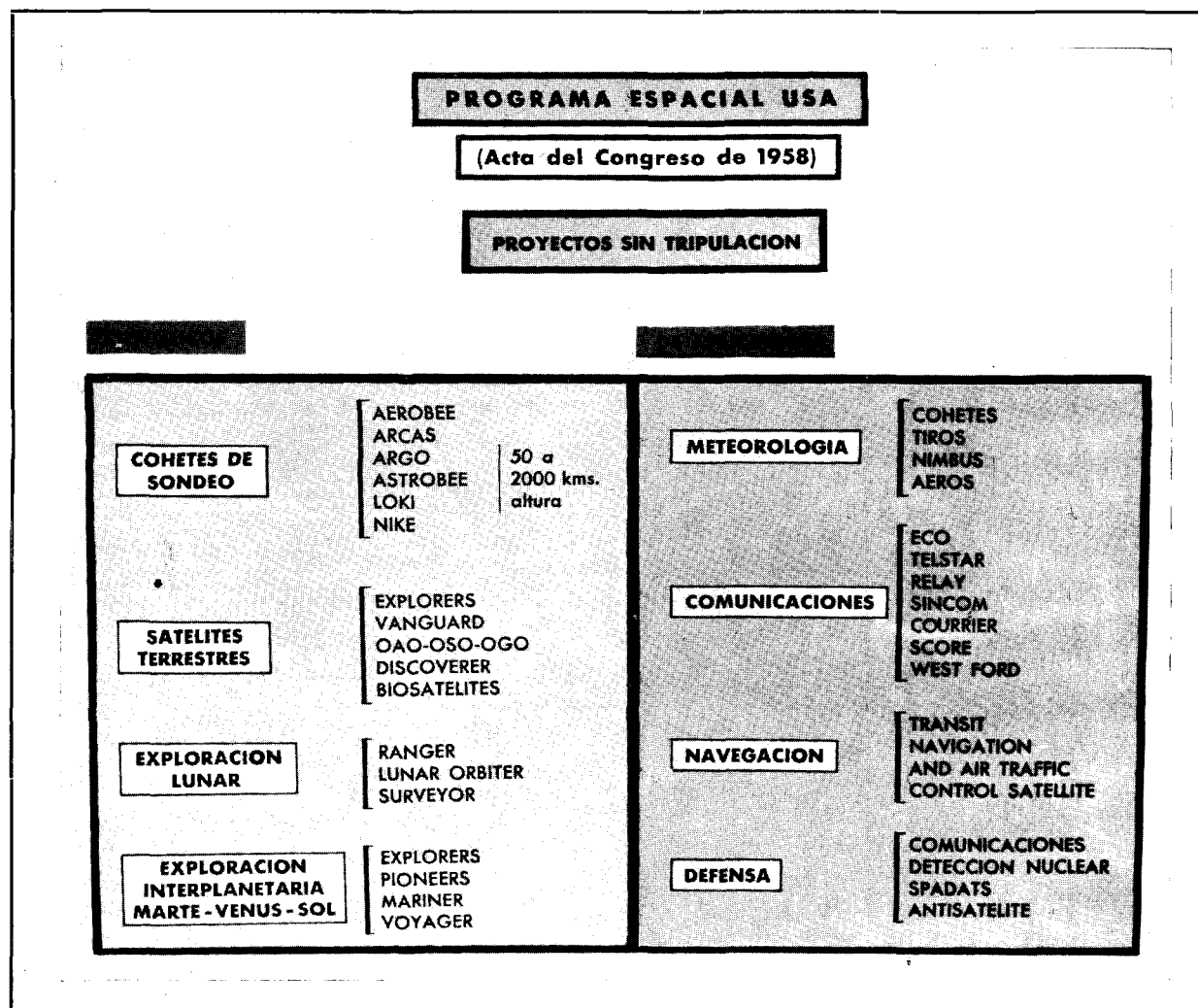


Figura 10.

La figuras 10 y 11 resumen las etapas y propósitos de los principales proyectos del Programa Espacial de los Estados Unidos, cuya ejecución se está llevando a la práctica en la forma prevista. De seguir así las cosas, todo permite suponer que el hombre pondrá el pie en la Luna en un plazo de muy pocos años. Al estudiar el orden de prioridades para los proyectos subsiguientes, la recomendación de la Fundación Nacional de Ciencias a la NASA, formulada a requerimiento de ésta, ha sido la de concentrar el esfuerzo en la exploración, primero orbital y luego sobre el terreno, del planeta Marte.

Hasta aquí hemos contemplado, en términos inevitablemente muy generales, algunas de las más representativas realizaciones de la técnica aeroespacial, tratando de poner de manifiesto la innovación que aportaban y su ritmo acelerado de ejecución y de empleo.

Con objeto de comprender y valorar mejor lo que la tecnología aeroespacial representa para el desarrollo de la técnica y la industria, es necesario considerar ahora, siquiera sea con la brevedad que una Conferencia como esta impone, el ciclo completo del proceso, en sus diversas etapas de investigación y desarrollo, construcción y utilización de los aviones y astronaves. Es decir, hay que contemplar, junto a la industria que los produce, la tecnología en que se apoyan y el cliente que los utiliza. El comentario se referirá primeramente a los Estados Unidos, como país más representativo de la situación, porque lo que se diga de él hoy es lo que ocurrirá en otros países o agrupaciones regionales años más tarde, a menos de quedar progresivamente fuera de la era aeroespacial, lo que no parece sea el propósito existente.

Como ya hemos dicho, la técnica aeroespacial se caracteriza, casi desde el primer momento, por

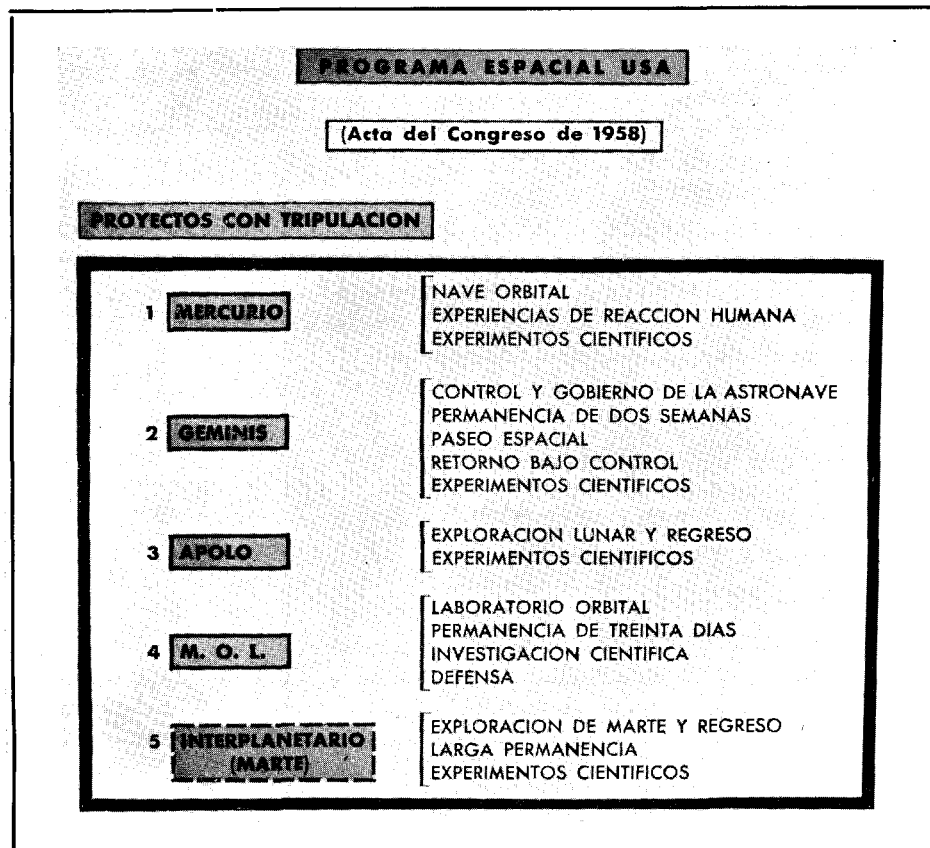


Figura 11.

la necesidad de basar sus realizaciones en estudios científicos y ensayos previos que obligan a disponer de unos cuadros científicos y técnicos muy numerosos y de facilidades experimentales muy caras, especializadas y complejas.

Aun cuando las empresas aeronáuticas dedican a estas tareas recursos económicos considerables y muchas de ellas disponen de laboratorios importantes, sin embargo, se reconoció pronto que el Estado tenía que hacer frente a estas exigencias de la investigación y el desarrollo mediante la creación de Centros de estudios aeronáuticos, dotados de medios cuyo volumen y carácter los hacen inasequibles al sector privado. Así surgieron, ya incluso desde antes de la Primera Guerra Mundial, los de Inglaterra, Francia, Alemania, Estados Unidos, etc., y, más pronto o más tarde, instituciones similares en todos los países.

Entendiéndolo así, el nuestro, que ya antes de la Guerra de Liberación dispuso de algunas facilidades experimentales en Cuatro Vientos, creó en 1942 el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, hoy Aeroespacial, sobre bases parecidas a las de los demás países y con una concepción ambiciosa, que hizo concebir grandes esperanzas en su futuro.

Al igual de lo que ocurrirá más tarde con la

energía nuclear, tales instituciones dan lugar al nacimiento, en sitios poco antes desiertos, de ciudades científicas o espaciales, que superan largamente las imaginadas por la literatura de ciencia-ficción.

Al principio tales Centros orientan sus trabajos en las tareas que corresponden a las especialidades clásicas de la técnica aeronáutica: aerodinámica, propulsión, estructuras, materiales, combustibles y lubricantes, equipos e instrumentos, ensayos en vuelo y determinación del comportamiento, etc. Pero progresivamente se ven forzados a ir ampliando el espectro de sus tareas al surgir nuevos problemas que obligan a incorporar especialidades hasta entonces no tomadas en consideración.

Como existe abundante literatura sobre esta materia, me limitaré a mostrar, en la figura 12, los campos de estudio que abarca la Oficina de Investigación y Tecnología Avanzada de la NASA, creada con la misión de desarrollar la base científica y tecnológica de las actividades aeronáuticas y espaciales de los Estados Unidos, según los datos de su informe de 1965 al Congreso.

Difícilmente hubiera podido imaginarse hace unos años, por ejemplo, que la bioquímica tendría que formar parte significativa de un programa de trabajo de un Centro aeronáutico.

OFICINA DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA AVANZADA DE LA NASA

Sectores de trabajo en 1965

<p><i>1. Investigación básica.</i></p> <p>Física de fluidos. Matemática aplicada. Investigación de materiales. Electrofísica.</p> <p><i>2. Electrónica y control de aeronaves.</i></p> <p>Comunicaciones y seguimiento. Guiado y navegación. Instrumentación. Proceso de datos. Técnicas y componentes electrónicos.</p> <p><i>3. Biotecnología e investigación humana.</i></p> <p>Investigación en vuelo de biotecnología. Sistemas de protección y para sostener la vida. Investigación humana. Integración hombre-sistema.</p> <p><i>4. Sistemas de propulsión de Aeronaves.</i></p> <p>Propulsión sólida. Propulsión líquida. Propulsión nuclear. Propulsión iónica. Propulsión electrotérmica. Propulsión mediante plasma.</p>	<p><i>5. Programa de vehículos espaciales.</i></p> <p>Astronaves de cuerpo sustentador. Acústica. Blindaje contra la radiación de alta energía. Tecnología de meteoritos. Comportamiento de fluido bajo gravedad nula. Tecnología de alto vacío. Radiación térmica y control de temperaturas. Mecánica estructural. Materiales avanzados y sus aplicaciones. Experimentos de retorno a la atmósfera a la velocidad de escape.</p> <p><i>6. Tecnología de la potencia espacial.</i></p> <p>Pilas solares. Termoiónica. Captación y almacenamiento de la energía solar. Baterías. Pilas de combustible. Ciclo Brayton. Tecnología de sistemas eléctricos. Potencia nuclear.</p> <p><i>7. Investigación aeronáutica.</i></p> <p>Aerodinámica de los aviones. Estructuras. Propulsión con motores de aire. Problemas de funcionamiento de los aviones. Programa de investigación con el avión X-15. Avión supersónico de transporte. Aviones de aterrizaje y despegue corto o vertical. Programa de investigación en vuelo con el avión XB-70. Investigación de vehículos hipersónicos.</p>
---	---

Figura 12.

Claro está que el tratamiento de estas cuestiones requiere un trabajo en equipo, en el que no basta siquiera la reunión de especialistas de diversas procedencias, puesto que muchas materias sólo pueden tratarse mediante la creación de especialidades nuevas, "a caballo" entre las ramas clásicas.

¿De qué otro modo puede resolverse si no el problema mixto de medicina, ingeniería y biología de los medios de subsistencia en una nave espacial de larga duración?

Ya en aeronáutica se planteó esta cuestión entre algunas de las ciencias aplicadas que le son pro-

pías. De ello son ejemplo especialidades nuevas en su día, tales como la aeroelasticidad, aerotermoelasticidad, aerotermoquímica, magnetohidrodinámica, etcétera. Pero se ve que, una vez más, la astronáutica ha extrapolado el caso hasta límites imprevisibles.

Insisto en la cuestión porque en este aspecto, que los anglosajones suelen calificar gráficamente de fertilización cruzada entre dos campos antes separados, radica otro de los grandes factores de potenciación de las tecnologías más características de hoy.

En el terreno de los proyectos, esta diferencia de situación se caracteriza del modo siguiente: durante bastante tiempo el proyecto del avión se resolvió por integración de elementos desarrollados independientemente (células, motores, equipo, etc.), y procedentes de tecnologías básicamente distintas. Pero al forzarse las características de la aeronave se puso cada vez más de manifiesto la mutua interdependencia de todas ellas, obligando a trabajar coordinadamente en busca de una solución óptima común. La situación se hizo particularmente aguda a partir de los proyectiles balísticos intercontinentales, cuya complejidad exigió un tratamiento global nuevo, que se resolvió mediante la aplicación de la "ingeniería de sistemas", la cual recibió con ello un fuerte impulso y cuyo empleo se ha generalizado plenamente en la actualidad para los proyectos avanzados.

Al mismo tiempo se hace necesario reproducir en el ensayo del laboratorio las condiciones cada vez más extremas en que operarán posteriormente el avión, el proyectil, la astronave y su tripulación, así como operar a escalas cada vez más próximas a las reales. Todo lo cual obliga a desarrollar medios y técnicas de experimentación de una dimensión y complejidad sin precedentes, dando lugar, en los nuevos Centros de Investigación y Desarrollo, a concentraciones de medios y de equipos de especialistas que sólo encuentran semejantes en los laboratorios nucleares.

En resumen, puede decirse que prácticamente todas las ciencias y tecnologías son llamadas a contribución para participar en el esfuerzo común. Esfuerzo cuya medida humana se refleja en los 34.000 empleados de la plantilla actual de la NASA y cuya medida económica la da el presupuesto de 6.900 millones de dólares dedicado actualmente en Estados Unidos a la investigación aeroespacial. Si una vez más queremos comparar la situación con la Tecnología Nuclear, veremos que el presupuesto anual de la Comisión de Energía Nuclear de los Estados Unidos es un tercio del Aeroespacial, y su plantilla de personal de unas 24.000 personas.

En términos relativos y para tener una medida de su significación, el presupuesto aeroespacial de 1965 representa el 45 por 100 del presupuesto total de investigación y desarrollo del país; el 6,7 por 100 del presupuesto federal y algo más del 1 por 100 del producto nacional bruto.

Aparte del volumen absoluto del esfuerzo económico requerido por un programa, otra medida de su impacto en el país es, evidentemente, el ritmo de crecimiento anual del presupuesto aplicado al mismo. La figura 13 refleja la situación para los tres mayores sectores del desarrollo tecnológico norteamericano, a saber: la Energía Nuclear, los ingenios balísticos y la Astronáutica, cuyo ritmo de crecimiento es, como puede verse, el máximo.

Aproximadamente el 75 por 100 del dinero del presupuesto de investigación y desarrollo aeroespacial norteamericano va a parar a la NASA, quien, a su vez, distribuye un 90 por 100 en forma de contratos a la Industria, Universidades y otros Centros, con lo que todo el país participa en el gran esfuerzo nacional para resolver este problema.

Dejando aquí la investigación y el desarrollo pasemos a considerar ahora los aspectos de la producción.

La industria aeroespacial (aviones, motores e industria auxiliar como la aviónica), ha atravesado vicisitudes muy cambiantes, alternando momentos de gran expansión con otros de profunda depresión y de crisis.

Sus orígenes se remontan a los años que precedieron a la Primera Guerra Mundial en Francia, único país que por aquel entonces contaba con una industria todavía incipiente, que hizo acto conjunto de presencia en el Primer Salón Aeronáutico que se celebró en París en 1909. Es el año en que Louis Bleriot cruza por primera vez, como recordarán ustedes, el Canal de la Mancha, en medio de una expectación que se justifica sobradamente habida cuenta de la escasa seguridad de aquellos aparatos. Los efectivos humanos de esa industria no llegaban entonces a 3.000, pero cubría, con más de cien fábricas, las especialidades de aviones, motores, globos y dirigibles, equipo de a bordo, meteorología y fotografía aérea.

El gran impulso inicial lo dio la Primera Guerra Mundial, durante la cual se produjeron más de 200.000 aviones y 250.000 motores. Francia, por ejemplo, que produjo 50.000 aviones y 90.000 motores, contaba, al terminar la contienda, con unos efectivos de 200.000 personas.

El período de entreguerras presencia la decadencia de la industria aeronáutica europea y el espectacular desarrollo de la norteamericana, con el

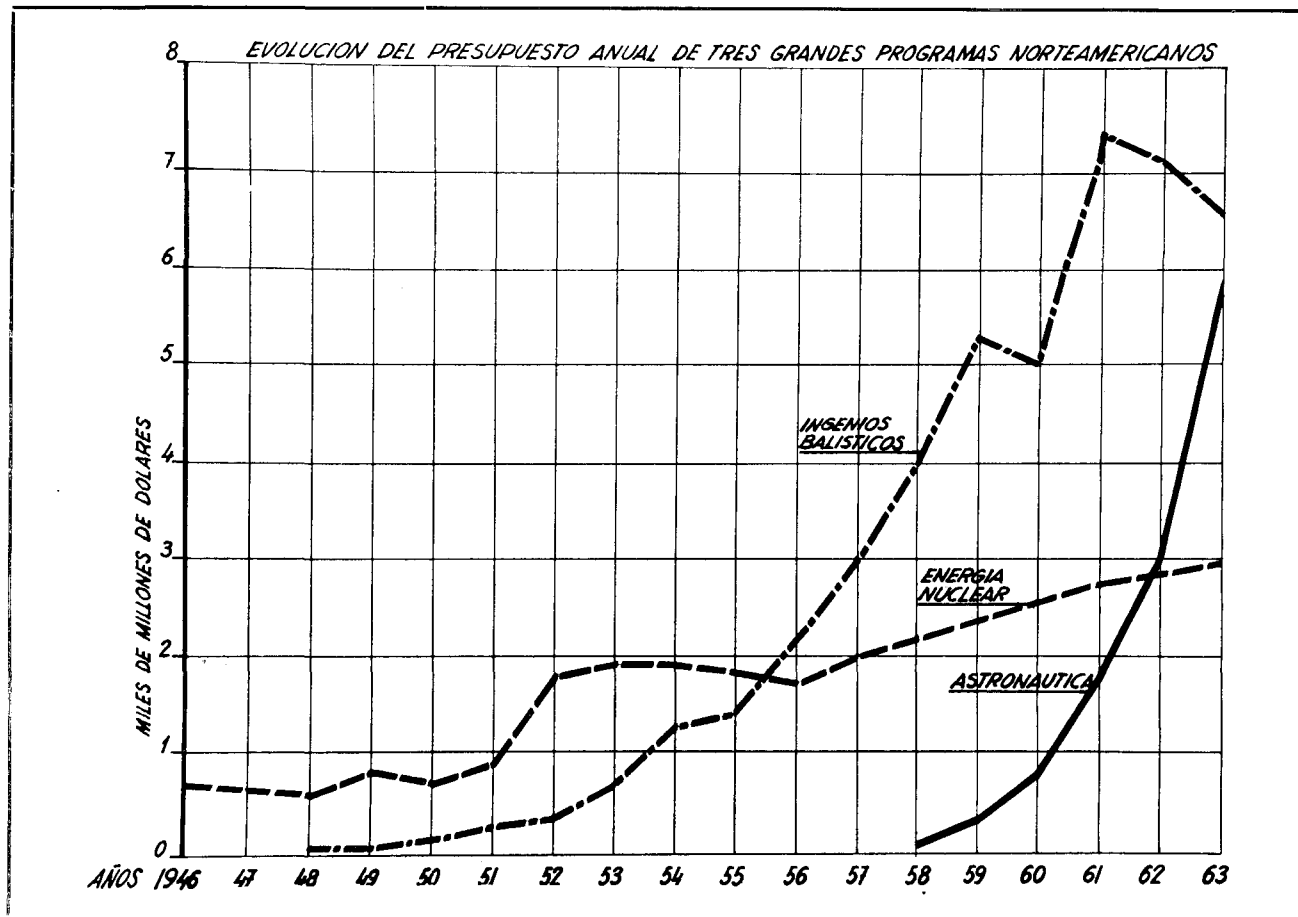


Figura 13.

nacimiento y consolidación de la aviación comercial, al amparo de un perfeccionamiento técnico continuo y espectacular.

La Segunda Guerra Mundial es la guerra de la aviación, a cuyo desarrollo se aplica el mayor esfuerzo. En él participan, en el conjunto de los países beligerantes, unos diez millones de personas, cifra mayor que la de las industrias del automotor, del barco y del material ferroviario reunidas, llegando a producir hasta más de 1.000 aviones diarios.

La desmovilización y el desarme que siguieron al armisticio originaron una situación de crisis de tal magnitud que, por ejemplo, los Estados Unidos al final de 1945, habían reducido sus efectivos aeronáuticos al 10 por 100 de los que tenían al terminar la guerra. Pero esta situación había de mantenerse por poco tiempo merced a la política nacional aeronáutica, acordada como resultado de las recomendaciones de una Comisión Especial del Senado, que se creó en 1946 para estudiar el Programa de Defensa de los Estados Unidos. Por otra parte, la aviación civil comenzaba a beneficiarse en

gran escala de los desarrollos conseguidos durante los años de guerra. Ejemplo típico de ello es el esfuerzo de la industria aeronáutica inglesa primero, y de la americana y francesa después, por la comercialización del avión de reacción.

El establecimiento de una línea clara de política aeronáutica, unido al desarrollo de armamentos provocado por la guerra fría, por los conflictos de Corea y de Vietnam, así como la incorporación al arsenal bélico de los grandes proyectiles cohete y, finalmente, la conquista del espacio, han proporcionado a la industria aeroespacial, en los últimos tiempos, una etapa de florecimiento sin precedente. En la actualidad esta industria ocupa en los Estados Unidos a un millón doscientos cincuenta mil personas y su cifra total de ventas superó en 1965 los veinte mil millones de dólares, distribuidos en partes aproximadamente iguales entre aviones tanto civiles como militares de un lado, e ingenios balísticos y espaciales del otro.

Esta cifra es aproximadamente el 4 por 100 del Producto Nacional Bruto del país y el 10 por 100 del producto industrial, lo que da la medida

VENTAS DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL NORTEAMERICANA EN MILLONES DE DOLARES

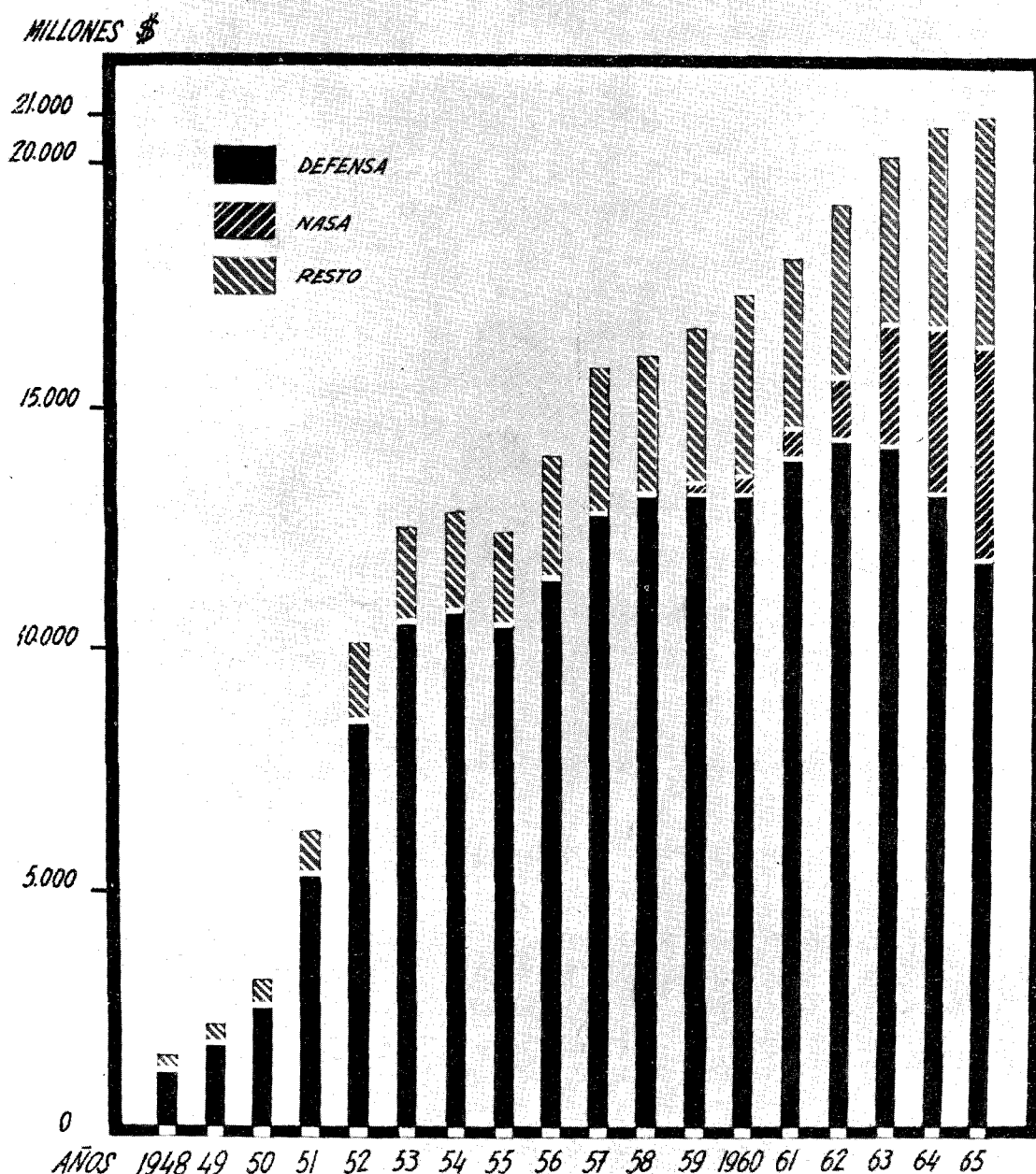


Figura 14.

del peso específico del sector, el cual se encuentra hoy situado al mismo nivel, por ejemplo, que la gigantesca industria del automóvil, ya que la cifra de venta de esta última en 1965, incluidos coches y camiones (once millones de unidades en total), fue de veintitrés mil millones de dólares.

El gráfico de la figura 14 refleja la cifra de ventas de dicha industria (aviones, motores y auxiliar), así como la parte de la misma que va a parar a la Defensa Nacional, a la NASA para el Programa Espacial y, finalmente, a las líneas comerciales y aviación privada. En 1964, por ejem-

plo, los porcentajes fueron, respectivamente, de 65, 17 y 18 %. La dependencia esencial de uno o dos clientes lleva el enorme riesgo de quedar estrictamente supeditado a sus programas, pero es inherente al tipo de producto y resulta inevitable. Por su parte, los Organismos citados han asumido su responsabilidad con amplia visión del problema, haciendo posible el desarrollo industrial que contemplamos.

En resumen, la industria aeroespacial de los Estados Unidos no solamente es una industria de vanguardia del país por su nivel técnico y por la dinámica de innovación que posee, sino que, por su volumen de negocio es, además, una de las primeras industrias de la nación, resultando por todo ello un factor primordial para su desarrollo industrial.

Si queremos penetrar ahora un poco más en la estructura interna del sector, podemos obtener una visión inmediata del mismo mediante algunas cifras básicas tomadas, por ejemplo, para algunas de las empresas más representativas, de la lista de las 500 grandes industrias norteamericanas, que anualmente publica la revista "Fortune". Tales datos se muestran en la figura 15 para las 12 empresas aeronáuticas que se encuentran entre las 500 mayores del país, según los datos de la citada publicación. Para comparación y referencia se han incluido también la mayor empresa norteamericana de cada uno de los sectores del automovilismo, petróleo, eléctrico, siderúrgico y químico, así como la última de la lista de las 500, esto con objeto de tener idea del volumen de ventas en que se corta el inventario. Las industrias aeronáuticas no enumeradas en la figura 15, tienen un volumen individual de ventas inferior a los cien millones de dólares, a pesar de lo cual su conjunto representa el 50 por 100 del total de ventas de la industria aeronáutica del país, lo que evidencia que forman la parte más numerosa.

Efectivamente, las grandes empresas aeronáuticas norteamericanas se apoyan, a través de una serie de escalones, en una gran masa de industrias auxiliares de tamaño mediano y pequeño y de carácter muy especializado, a través de la cual se propaga la Tecnología Aeronáutica a todos los sectores industriales del país.

Por ejemplo; un estudio estadístico llevado a cabo con uno de los grandes contratistas principales del Programa Aeroespacial, puso de manifiesto que operaba con 900 subcontratistas directos, los cuales, a su vez, trabajaban con 1.800 subcontratistas en un segundo escalón, quienes, finalmente, empleaban otros 4.000 subcontratistas del tercer escalón, repartidos en 44 estados distintos.

Otro ejemplo tomado de la más ambiciosa rea-

lización del Programa Espacial norteamericano es sumamente revelador, en cuanto a la participación de toda la industria del país en su ejecución. Me refiero, naturalmente, al cohete "Saturno V", destinado a poner en órbita la astronave "Apolo", que transportará a los tres primeros exploradores de la Luna.

Como es sabido, se trata de un cohete de tres etapas, de 111 metros de altura, de 3.400 toneladas de empuje y de 2.700 toneladas de peso total, de las que el 93,5 por 100 corresponde al combustible, y que es capaz de situar en órbita lunar una astronave de 43 toneladas de peso.

El costo previsto para su desarrollo, es de doscientos mil millones de pesetas y en su construcción participarán un total de 20.000 firmas industriales.

La primera etapa ha sido adjudicada a la Casa Boeing, con quien colaborarán 2.400 subcontratistas; la segunda, a la North American Aviation, con quien trabajarán, asimismo, 1.981 subcontratistas; finalmente, la tercera etapa la hará la casa Douglas, con la ayuda de otros 3.500 subcontratistas más. Cifras similares podrían darse para la astronave "Apolo" y para otras muchas realizaciones, pero creemos que lo dicho ilustra suficientemente la cuestión.

Algunos datos más ayudarán a precisar otros aspectos igualmente interesantes.

La simple comparación entre el activo fijo, o el capital social de las industrias aeronáuticas y las restantes, demuestra que aquéllas están de un medio a un orden de magnitud por debajo de las más grandes de los demás sectores mencionados. Por consiguiente, su dimensión individual es más bien moderada, habida cuenta del "gigantismo" que caracteriza a las industrias del otro lado del Atlántico. Esta relativa ausencia de "gigantismo" es, naturalmente, una ventaja a la hora de considerar su posible creación en otros países menos privilegiados.

Por el contrario, la relación entre las ventas y el activo (2,4), así como entre las ventas y el capital social (4,4) sitúan a la industria aeroespacial en cabeza de la lista. Ello significa que no es uno de los sectores que requieren una gran inmovilización de inversiones para fabricar sus productos, los cuales, además, llevan un gran valor añadido por la ingeniería y por la mano de obra. También estas consideraciones abogan en favor del desarrollo de la industria aeroespacial en otros países.

Dos cifras son importantes a este respecto: las ventas y el activo por empleado. En ambas, la industria aeroespacial se clasifica entre las últimas de la lista. Por ejemplo: la industria aeroespacial

LAS 500 INDUSTRIAS MAYORES DE LOS ESTADOS UNIDOS EN 1965, ORDENADAS POR
EL VOLUMEN DE OPERACIONES (Extracto) (de "Fortune", 15-7-1966).

COMPANIAS	N.º DE ORDEN	VENTAS — Millones de \$	ACTIVO — Millones de \$	CAPITAL SOCIAL. — Millones de \$	PERSONAL — número
GENERAL MOTORS	1	20.734	12.586	8.237	735.000
(Automovilismo)					
STANDARD OIL (N.J.)	3	11.472	13.073	8.684	148.000
(Petróleo)					
GENERAL ELECTRIC	4	6.214	4.300	2.107	300.000
(Eléctrica)					
U. S. STEEL	7	4.400	5.452	3.625	209.000
(Siderúrgica)					
DU PONT DE NEMOURS	12	3.021	2.848	2.191	109.000
(Química)					
CONSTRUCCIONES DE MATERIAL AERONAUTICO					
BOEING	26	2.023	811	372	93.000
NORTH AMERICAN AVIATION	28	2.011	562	318	100.000
LOCKHEED AIRCRAFT	29	1.814	629	278	81.000
UNITED AIRCRAFT	38	1.430	741	367	72.000
MCDONNELL AIRCRAFT	57	1.008	289	149	36.000
GRUMMAN AIRCRAFT Eng.	80	852	249	90	32.000
DOUGLAS AIRCRAFT	86	767	565	175	60.000
RYAN AERONAUTICAL	288	235	100	37	11.000
CESSNA AIRCRAFT	394	148	92	55	8.000
CURTISS-WRIGHT	395	148	230	191	8.000
BEECH AIRCRAFT	460	122	69	38	8.000
FAIRCHILD HILLER	482	115	105	44	9.000
Totales		10.673	4.442	2.114	518.000
ISLAND CREEK COAL	500	110	107	77	5.000

Figura 15.

vende 19.000 dólares por empleado nada más, mientras que la del automóvil vende 24.000, cifra que es, además, el promedio de todos los sectores industriales. Ello sitúa al nuestro en el lugar número 18 entre los 22 en que se clasifica el conjunto industrial. Igualmente, las inversiones son en él de 9.000 dólares por empleado, frente a 17.000 en el promedio industrial general y 14.000 en el del automovilismo, lo que sitúa al sector aeroespacial en penúltimo lugar. Ello demuestra que la industria aeroespacial exige gran cantidad de mano

de obra, la que además tiene que ser altamente calificada, porque los trabajos no tienen el carácter automático y altamente repetitivo de otros sectores; porque las tecnologías que se manejan en los procesos de fabricación son muy avanzadas y complejas y, finalmente, porque las exigencias de calidad son muy severas, como ya hemos dicho.

Además la proporción entre personal técnico y mano de obra es también muy elevada por la gran cantidad de desarrollo, ingeniería y ensayos que lleva incorporado el producto. Por ejemplo;

del aumento de personal empleado por la industria aeroespacial norteamericana en el último año, algo más de la mitad fueron científicos, ingenieros y técnicos.

Finalmente, durante el año 1962, por ejemplo, la producción total se repartió por productos (lo que lleva implícitos los clientes) del modo siguiente: un 25 por 100 para la tecnología espacial; un 25 por 100 para los proyectiles dirigidos; un 37,5 por 100 para los aviones militares y un 12,5 por 100 para los civiles, cifras que evidencian el escaso margen que corresponde al cliente no estatal.

Este, además, está constituido por pocas Compañías muy potentes, como muestra el gráfico de

la figura 16, tomado también del mismo número de la revista "Fortune". En él se ve que entre las 50 mayores Compañías de transporte de los Estados Unidos existen once aeronáuticas, que ocupan, además, lugar de cabecera y absorben un 27,6 por 100 del volumen total de operaciones de las 50. En él se han incluido también para comparación, al igual de lo que se hizo con las industrias, las mayores Compañías de transporte ferroviario, autobuses, camiones y navegación, así como la más pequeña de la lista. Así se ve que, a diferencia de lo que ocurría con la industria, las Empresas de Transporte Aéreo son iguales o mayores que las más grandes de los otros sistemas clásicos.

LAS 50 COMPAÑÍAS DE TRANSPORTE DE LOS ESTADOS UNIDOS EN 1965, ORDENADAS POR EL VOLUMEN DE OPERACIONES (Extracto) (de "Fortune", 15-7-1966).

COMPAÑÍAS	N.º DE ORDEN	VOLUMEN OPERACIONES — Millones de \$	ACTIVO — Millones de \$	CAPITAL SOCIAL. — Millones de \$	PERSONAL — número
PENSILVANIA R.R. (Ferroviaria)	1	1.034	3.603	1.800	69.000
GREYHOUND (Autobuses)	13	498	385	209	32.000
CONSOLIDATED FREIGHTWAYS (Transportes por carretera)	23	257	146	45	12.000
MATSON NAVIGATION (Transportes marítimos)	36	122	110	64	3.000
COMPAÑÍAS DE TRANSPORTE AEREO					
UNITED AIR LINES	4	793	975	285	36.000
TRANS WORLD AIRLINES	7	673	688	234	30.000
PAN AMERICAN WORLD AIRWAYS	8	669	777	275	38.000
AMERICAN AIRLINES	9	612	822	233	26.000
EASTERN AIR LINES	12	508	446	123	22.000
DELTA AIR LINES	17	282	247	107	12.000
NORTH WEST AIRLINES	22	263	333	165	8.000
NATIONAL AIRLINES	30	166	166	65	5.000
BRANIFF INTERNATIONAL	33	129	130	55	6.000
WESTERN AIR LINES	35	124	142	63	4.500
CONTINENTAL AIR LINES	39	117	135	47	4.000
<i>Totales</i>		4.336	4.861	1.657	191.500
LONG ISLAND R.R.	50	79	129	46	7.000

Figura 16.

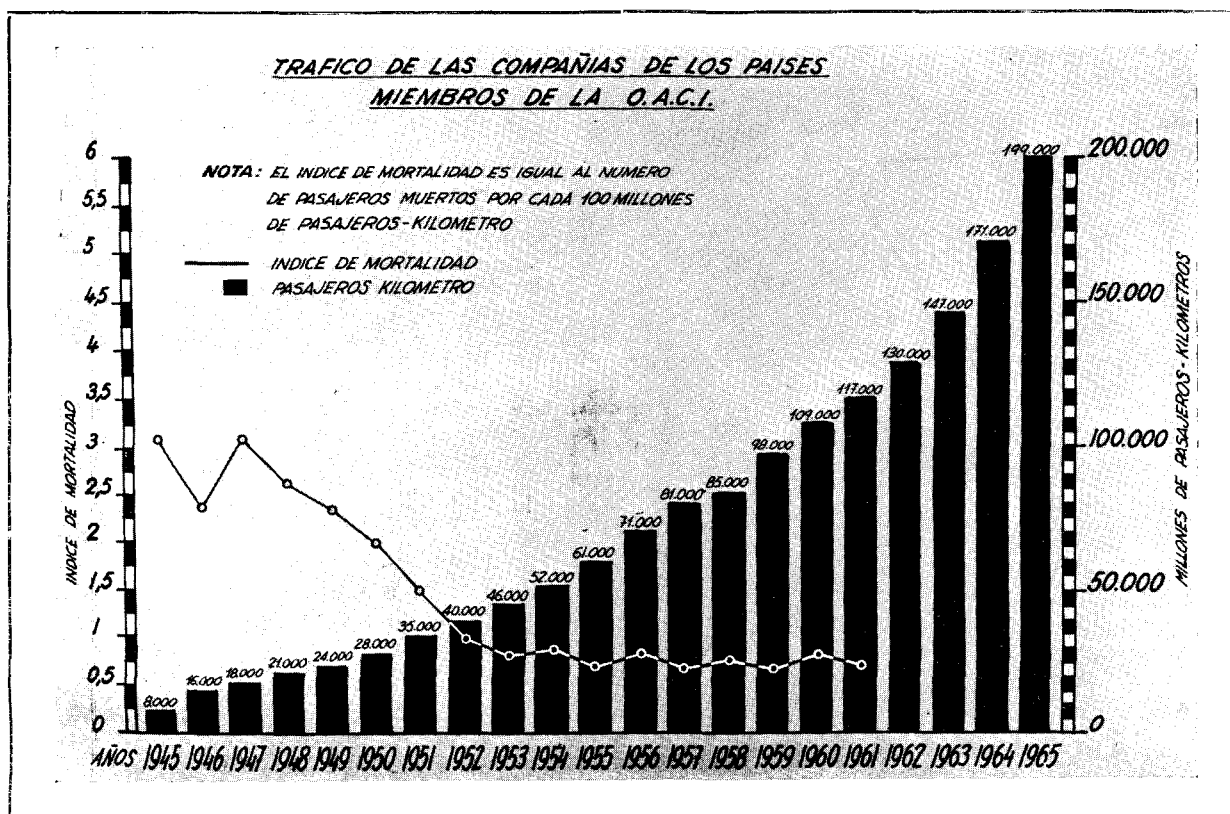


Figura 17.

Además, el ritmo de crecimiento del volumen de operaciones es para el grupo de Compañías aéreas, el mayor del conjunto, con un valor del 17 por 100 anual, frente a un 8,8 por 100 para el promedio de todos los sistemas de transportes reunidos y sólo un 6 por 100 para los ferrocarriles. También es el sistema de transporte que absorbe el mayor volumen de pasajeros entre ciudades en el tráfico doméstico, habiendo superado ya desde hace años el de los transportes por ferrocarril y autobús juntos. Por ejemplo; en 1965 absorbió un 59 por 100 del tráfico total.

Si pasamos ahora a contemplar la situación en el ámbito mundial, vemos que es muy similar a la descrita para los Estados Unidos, salvando, naturalmente, las diferencias de escala y de medios que suelen darse en todos los sectores entre la economía norteamericana y la de los demás países.

Comenzando por el transporte aéreo, su dinámica de crecimiento aparece reflejada en la figura 17, que se refiere a todas las Compañías aéreas agrupadas en la OACI (por tanto, incluye también a los Estados Unidos). Por ejemplo, durante los diez últimos años el aumento medio anual de tráfico fue del 12,2 por 100, elevándose al 20 por 100 en el Atlántico Norte, la ruta más desarrollada,

donde el avión absorbe el 80 por 100 del tráfico total.

La figura 17, además de la tendencia en el transporte de pasajeros por kilómetro, muestra el decrecimiento de mortalidad por accidentes, cuya evolución ilustra el progreso realizado en materia de seguridad, donde se han alcanzado coeficientes análogos a los de los sistemas de transporte clásico.

Finalmente, el gráfico de la figura 18 muestra la evolución de la flota de las Compañías anteriores, para los tipos de aviones de motor alternativo, de turbohélice y de reacción, respectivamente. En especial puede apreciarse el gran aumento de la capacidad de transporte de los nuevos aviones, puesto que con un número de unidades mucho menor que hace diez años, están en condiciones de cuadruplicar el transporte. Ello es debido al efecto combinado de la mayor velocidad y la mayor capacidad de carga.

Volviendo ahora a la industria, la tabla de la figura 19, tomada asimismo de la lista de las doscientas mayores Empresas de todo el mundo (con exclusión de Estados Unidos, naturalmente) de "Fortune", muestra que sólo dos industrias aeronáuticas se encuentran entre ellas: la Hawker Sedley, inglesa, y la Sud-Aviation, francesa, además, con los números de orden 20 y 171, respectivamen-

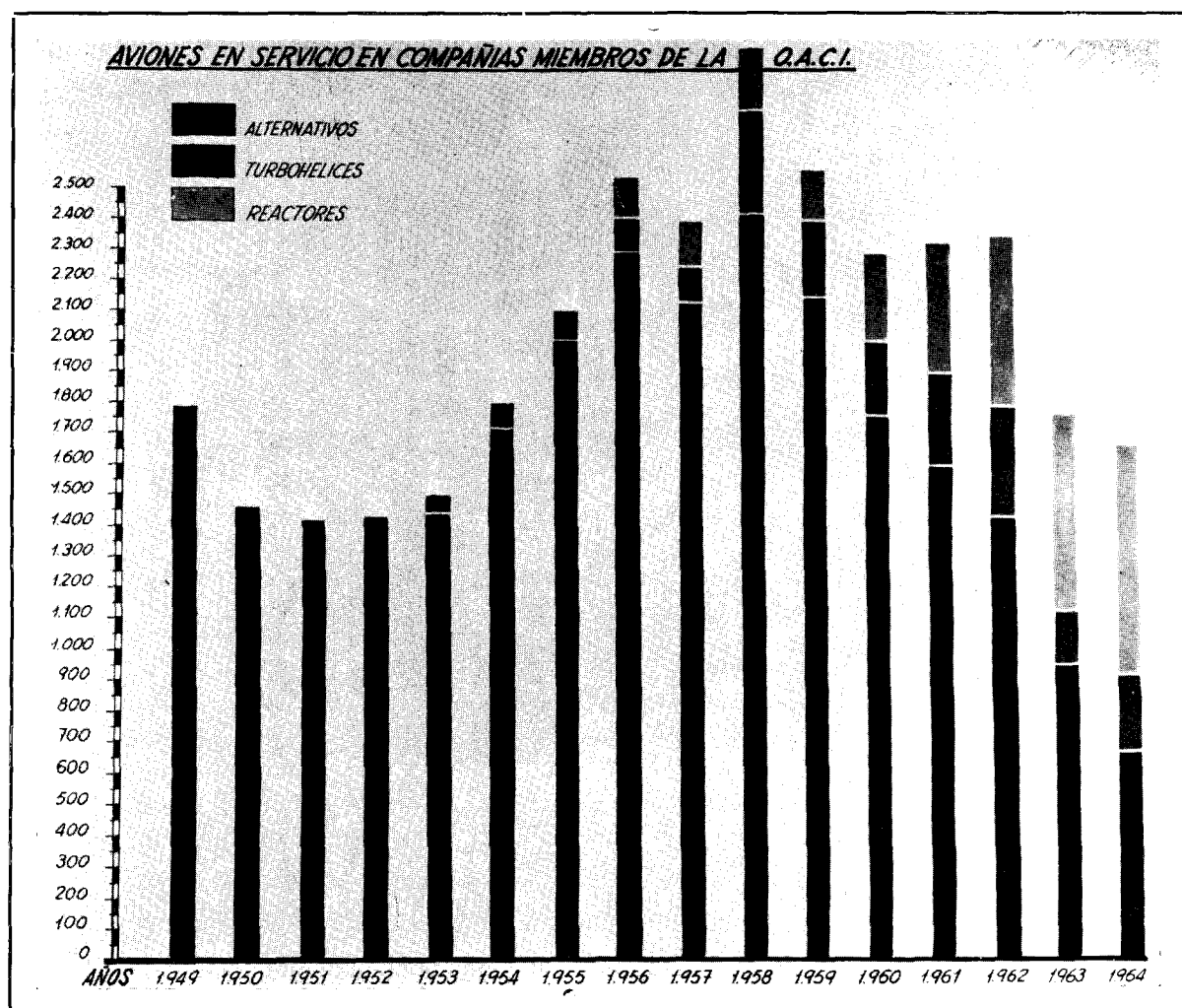


Figura 18.

te, confirmando así que el tamaño unitario de las Empresas del sector no es de los mayores, como ya se vio para los Estados Unidos.

Si pasamos ahora a considerar la región que más específicamente no interesa, es decir, Europa, una vez excluidos los países del Este, para los que carecemos de información suficiente, el personal dedicado a la industria aeroespacial es de algo más de 400.000 personas, distribuidas por países en la forma que muestra el cuadro de la figura 20, para los principales. En cuanto al volumen total de ventas de dicha industria, alcanza la cifra de unos tres mil millones de dólares. Comparando estas cantidades con las correspondientes de los Estados Unidos se ve que la producción de la industria aeroespacial europea es aproximadamente un 15 por 100 de la norteamericana, y la productividad de ésta es aproximadamente doble de la europea, lo que seguramente resulta no sólo de la diferencia entre los

medios de producción, sino también de la que existe entre los tipos de productos.

Al igual de lo que ocurre en los Estados Unidos, el cliente principal del sector, también muy apoyado como allí en una extensa gama de industrias auxiliares, es el Estado, sobre todo para los programas militares, si bien con menos preponderancia aquí que al otro lado del Atlántico. En los dos países europeos de industria aeroespacial más desarrollada, Inglaterra y Francia, le sigue en importancia la exportación, donde han realizado un esfuerzo enorme, tanto en el terreno civil como en el militar, con resultados extraordinariamente positivos. Por ejemplo, durante los últimos diez años Inglaterra ha exportado un promedio anual de veinte mil millones de pesetas.

Finalmente, siguen las líneas aéreas, ya que la aviación de negocios está tan solo iniciando ahora su rápido desarrollo en Europa. Esta situación contras-

LAS 200 INDUSTRIAS MAYORES FUERA DE LOS ESTADOS UNIDOS EN 1965, ORDENADAS POR EL VOLUMEN DE OPERACIONES (Extracto) (de "Fortune", Agosto 1966).

COMPAÑIAS	N.º DE ORDEN	VENTAS — Millones de \$	ACTIVO — Millones de \$	PERSONAL número
ROYAL DUTCH-SHELL (Petróleo)	1	7.181	12.107	186.000
UNILEVER (Química)	2	5.100	3.105	294.000
VOLKSWOGENWERK (Automovilismo)	5	2.317	1.137	125.000
PHILIPS (Eléctrica)	7	2.084	2.728	252.000
AUGUST THYSSEN-HÜTTE (Siderúrgica)	9	1.725	1.472	94.000
CONSTRUCCIONES DE MATERIAL AERONAUTICO				
HAWKER SIDDELY SUD-AVIATION	20 171	1.067 268	859 556	122.000 28.000
Totales		1.335	1.415	150.000
UBE INDUSTRIES	200	229	383	19.000

Figura 19.

ta con las de los Estados Unidos, donde la aviación de negocios está fuertemente consolidada desde hace años, y produce unos diez mil aviones anuales, por un valor de unos doscientos millones de dólares.

A la hora de elegir un país europeo avanzado para analizar con mayor detalle la estructura de su industria aerospacial, ninguno resulta tan interesante como Francia, por el gran impulso que ha sabido imprimirle y porque, además, ha operado con una técnica esencialmente propia para los diversos tipos de aviones, motores, equipo, cohetes, satélites, etcétera. Por ello, nos detendremos durante unos minutos en este país.

El cuadro de la figura 21 muestra algunos datos básicos para las diez empresas más importantes, constructoras de material aerospacial, las cuales cubren el 75 por 100 del potencial humano total del país y un 90 por 100 de la cifra de ventas.

Como se ve, su dimensión, medida por el personal de la empresa, por ejemplo, es relativamente pequeña, incluso cuando se la compara con las gran-

des industrias inglesas, tales como Hawker Siddley, que tiene 50.000 empleados, o con la Bristol, que tiene 30.000.

EFECTIVOS HUMANOS DE LA INDUSTRIA
AEROESPACIAL EUROPEA EN 1965

PAIS	PERSONAL
Inglaterra	260.000
Francia	95.000
Alemania	35.000
Italia	20.000
Holanda	6.000
Bélgica	4.000

Figura 20.

INDUSTRIA AEROESPACIAL FRANCESA (1964)

EMPRESAS	Tipo de producto	Capital Social	Ventas	Personal número
		— Millones Ptas.	— Millones Ptas.	
Sud-Aviation	Aviones, helicópteros e ingenios ...	3.100	16.900	24.500
G. A. M. D.	Aviones	450	12.000	8.000
S. N. E. C. M. A. ...	Motores-turborreactores y motores-cohete	1.150	8.250	12.750
Nord Aviation	Aviones e ingenios	1.000	6.100	10.100
Hispano-Suiza	Aviones y equipos	320	3.200	4.300
Breguet	Aviones y equipos	255	2.000	4.000
MATRA	Ingenieros y equipos	180	1.650	1.670
Turbomeca	Motores de reacción y turbinas	275	1.500	2.115
Potez	Aviones	145	1.500	2.000
Messier	Equipo auxiliar	60	1.380	2.350
	<i>Totales</i>	6.935	54.480	71.785

Figura 21.

Como ya se ha indicado, esta industria se apoya, para la ejecución de sus proyectos, en una industria auxiliar muy extendida. Por ejemplo, en la fabricación del "Caravelle" participan 250 empresas de todo el país y otras 150 lo hacen en la del bombardero "Mirage IV".

Aproximadamente la mitad de la industria aeroespacial francesa está nacionalizada y la otra mitad pertenece al sector privado.

Su volumen total de negocios representa un 2 por 100 aproximadamente de su renta industrial, cantidad que resulta muy inferior al 10 por 100 de los Estados Unidos, e incluso al 4,5 por 100 que corresponde a la industria aeroespacial británica, pese a lo cual su influencia en el desarrollo del país es grande, como se ha dicho, por las razones ya comentadas. Dicha cifra de ventas se distribuye por clientes de la manera siguiente: un 58 por 100 para la Defensa; un 6 por 100 para el sector privado interior (líneas aéreas), y un 38 por 100 para la exportación (17.000 millones de pesetas al año, distribuidos entre 83 países).

El 27 por 100 de los recursos disponibles se dedican a cuestiones de investigación y estudio, en las que trabajan 13.000 personas, de las que 1.500 son ingenieros.

La plantilla de personal se distribuye del modo siguiente, por categorías: un 52 por 100 son inge-

nieros, técnicos, maestros y administrativos; el 48 por 100 restante son obreros, de los que las cuatro quintas partes son personal altamente calificado.

Siendo tan fuerte la proporción de las fabricaciones de esta industria destinadas al Estado (para fines de Defensa e Investigación Espacial), es fundamental la programación anticipada de la Administración, la que, además de sus propios intereses para la Defensa o investigación científica, debe tener en cuenta la necesidad de prestar su apoyo a un sector industrial cuya incidencia general en toda la tecnología del país es, como se ha visto, preponderante.

El Estado francés resuelve la cuestión mediante las leyes programadas de sus Planes de Desarrollo. Así, durante el quinquenio 1965-1970 dedicará a adquisiciones y trabajos aeroespaciales una cifra media anual superior a los 30.000 millones de pesetas, cantidad que representa el 50 por 100 de su presupuesto total de Defensa.

Dicha cifra se distribuirá entre los diferentes proyectos de la manera siguiente: un 59 por 100 para aviones pilotados; un 24 por 100 para proyectiles dirigidos; un 11 por 100 para estudios de investigación y desarrollo; finalmente, un 6 por 100 para helicópteros. Aquí no se incluyen las importantes cantidades que destina el Estado a subvencionar los programas de cooperación aeroespa-

cial con otros países. De ellos, el más difundido es el del avión supersónico comercial "Concorde", pero existen otros muchos que son también importantes.

La gran amenaza que pesa sobre el sector es triple: en primer lugar, la posible reducción del presupuesto de Defensa; en segundo lugar, la rapidísima evolución de la tecnología, que hace difícil mantener la carrera con los desarrollos de los países más avanzados, especialmente Estados Unidos y Rusia; finalmente, la dura competencia internacional, procedente del otro lado del Atlántico, de Rusia, que empieza a dejar sentir su influencia en los mercados internacionales, y de los restantes países europeos.

En el terreno nacional, a esa situación sólo puede hacerse frente mediante un apoyo suficiente del Gobierno para el desarrollo de nuevos proyectos, con criterio altamente selectivo en cuanto a los sectores de aplicación, el cual se ha prestado en Francia en todos los ámbitos, con resultados excelentes; así como mediante una reestructuración industrial, en su mayor parte llevada a cabo, aun cuando todavía prosigue (*). En Inglaterra, esa reestructuración es más reciente y algunas de sus fusiones más importantes se están anunciando ahora.

Agotadas las posibilidades nacionales para hacer frente a esta múltiple situación, es necesario apelar a la cooperación internacional, la cual se va desarrollando rápidamente en numerosos proyectos aeronáuticos y de una manera muy clara en los espaciales, mediante las organizaciones europeas ESRO y ELDO. Aparte de ello, Francia tiene su propio programa de investigación espacial, que le ha permitido ya colocar en órbita varios satélites, enteramente proyectados y contruidos en el país, así como los cohetes propulsores, las bases de lanzamiento y los centros de control, lo que ha hecho de la nación vecina la tercera potencia espacial, como consiguió ser en su día la cuarta potencia nuclear. El quinto Plan de Desarrollo francés, de cinco años de duración a partir del presente, fija una consignación total de veinticinco mil millones de pesetas para el Programa Espacial Francés, es decir, cinco mil millones al año, de los que el 75 por 100 corresponden a proyectos nacionales y el 25 por 100 restante a los europeos ELDO y ESRO.

Penetrando un poco más en los sistemas de trabajo de la industria aeroespacial, podríamos tratar de analizar con algún detalle las exigencias que imponen a sus proyectos las condiciones de funcionamiento en que han de utilizarse.

(*) El Gobierno francés, en su reunión del 5 de enero de 1967, ha completado esa reestructuración, en las Empresas nacionales, mediante una especialización de las mismas.

Entonces veríamos, por ejemplo, que lo que en otras muchas tecnologías está determinado por criterios principalmente económicos, dentro de un margen bastante amplio, aquí es más radical, al convertirse en cuestión de estricta viabilidad.

Pienso, por ejemplo, en el reducido coeficiente de seguridad con que hay que proyectar una estructura de avión, puesto que el peso ha sido siempre un factor limitativo básico de la posibilidad de vuelo. Circunstancia que, combinada con el riesgo a menudo mortal del accidente, obliga a afinar la técnica y a proyectar con un conocimiento profundo del comportamiento de estructuras muy complejas. Tales estructuras están sometidas a sollicitaciones dinámicas, en las que los efectos de fatiga son fundamentales, cuando no se combinan éstos con los de las temperaturas elevadas, como ocurre, por ejemplo, en las turbinas y toberas de los motores de reacción, o en todo el avión, según hemos comentado para el vuelo supersónico. Mientras que en otros casos, por el contrario, es necesario operar a temperaturas criogénicas, donde el comportamiento de todos los materiales es radicalmente distinto. Por ejemplo, la temperatura del hidrógeno líquido, un propulsante típico de los grandes cohetes, es de 250° C. bajo cero, lo que plantea difíciles problemas, entre otras cosas, para encontrar lubricantes con características aceptables bajo condiciones de funcionamiento tan anormales.

Análogas consideraciones podrían hacerse del otro factor limitativo esencial, es decir, de la potencia, en los motores clásicos, y del empuje, en los de reacción de aire o en los cohetes, así como en el equipo auxiliar que para proyectos avanzados representa el 70 por 100 del valor total del vehículo.

Las elevadas cargas de pago que se han llegado a conseguir, unidas a los índices de seguridad logrados, son pruebas del resultado de un esfuerzo en el que la busca y desarrollo de materiales apropiados ha ocupado un lugar preferente.

Por ello la aportación de la tecnología aeroespacial al desarrollo de nuevos materiales y aplicaciones se ha señalado siempre como uno de los ejemplos más representativos de su influencia estimulante en el desarrollo de otras tecnologías. Como esta cuestión ha sido objeto de frecuentes comentarios en otros lugares, resulta innecesario insistir aquí sobre la misma.

Por ello, tan sólo a título de ejemplo espectacular, me limitaré a citar el interés de la técnica aeroespacial en el uso de los metales líquidos, interés muy al día y que comparte, para algunas de sus aplicaciones, con otros sectores como la energía nuclear, tanto por su buen comportamiento a temperaturas muy altas, como por sus excelentes caracte-

terísticas de conductividad térmica o por sus propiedades eléctricas. Por cierto, que puede estar justificado el recordar a este propósito que el empleo industrial del sodio líquido en la tecnología mecánica tuvo su origen en la refrigeración de las válvulas de los motores de aviación, hace más de cuarenta años.

El estudio de los nuevos procesos de fabricación, de uso corriente en la técnica aeroespacial del presente, y que a través de ella penetra en otros muchos sectores industriales es, asimismo, un capítulo que ilustraría grandemente la influencia de aquéllos en la renovación tecnológica global, como factor de desarrollo. Este tema ha recibido menor atención que el de los materiales en general, sobre todo en nuestro país, y, sin embargo, proporciona materia sobrada para estimular el interés y la imaginación, por la revolución que está introduciendo en los procedimientos de taller.

Alguien ha definido, en efecto, los problemas de fabricación que plantea la tecnología aeroespacial en términos muy gráficos, aunque exageradamente pesimistas, diciendo que a partir de materiales rígidos, no mecanizables ni soldables, exige producir elementos de configuraciones imposibles, con acabados y tolerancias que son inalcanzables.

Lo cierto es que, para hacer frente a una situación semejante, ha sido preciso desarrollar tecnologías de fabricación originales, que difieren bastante de las habitualmente en uso.

Por ejemplo, en los procesos de deformación, los sistemas mecánicos conocidos ceden el paso a la deformación explosiva, por arco eléctrico, magnética o criogénica, entre otros. Análogamente el depósito metálico por chorro de plasma o por fase de vapor evitan la soldadura en las piezas de molibdeno o tungsteno. Asimismo, el empleo de la descarga eléctrica, en lugar de la herramienta de corte de la máquina clásica, permite mecanizar con ventaja ese metal, dentro de tolerancias muy estrechas. Una alternativa a este procedimiento, también en uso actualmente, es la mecanización electroquímica. La abrasión ultrasónica o, incluso, la mecanización con láser, la soldadura por rayo de electrones, etc., son otros tantos ejemplos de tecnologías avanzadas, cuya transferencia del sector aeroespacial al resto de la Industria representa una aportación cuyo valor se apreciará plenamente cuando se hagan de uso corriente, dentro de algunos años.

Porque es necesario recordar aquí que la tecnología espacial es todavía demasiado reciente para que su efecto haya alcanzado la plenitud de posibilidades que potencialmente encierra. La NASA, por ejemplo, está tratando de acortar el tiempo de

espera natural, forzando la diseminación de las nuevas posibilidades a través de un programa especial puesto en práctica hace pocos años.

Si, a la vista de lo que acabamos de exponer, queremos resumir ahora las características diferenciales de la tecnología aeroespacial, que determinan su importante función en el desarrollo técnico, industrial y económico, podemos decir lo siguiente:

1.º Se trata de una tecnología de síntesis, en la que concurren no sólo todas las ramas de la ingeniería, sino las ciencias físico-químicas y naturales.

2.º Se trata de una tecnología de vanguardia, que arrastra a todas las demás porque se mueve en la misma frontera de las posibilidades técnicas del momento.

3.º La investigación y el desarrollo que le son propios, exigen la movilización de recursos económicos y humanos que sólo están al alcance de los Gobiernos o en los programas de cooperación internacional, los cuales se hacen indispensable para muchos de sus proyectos más avanzados.

4.º En el plano nacional, sirve intereses básicos de defensa o de desarrollo científico y tecnológico, con gran incidencia general en todos los sectores. En el plano privado, sirve a medios de comunicación, de desarrollo muy rápido y de trascendencia sociológica importante.

5.º En el aspecto industrial, opera con unidades de producción no exageradamente desmesuradas y con una relación capital-producto más bien moderada.

6.º No fabrica grandes series, por lo que el efecto de escala resulta menos sensible que en otros sectores afines (*).

7.º El valor añadido al producto por la ingeniería y por la mano de obra es muy elevado, por lo que exige un potencial humano proporcionalmente grande y altamente calificado.

8.º Se apoya en una industria auxiliar muy extensa, diversa y especializada, en la que estimula el desarrollo de soluciones avanzadas, así como en el suministro de los materiales.

9.º Desarrolla procesos de fabricación nuevos y susceptibles de asimilación posterior por otras ramas de la técnica.

(*) Por ejemplo: la mayor serie, con mucho, de los aviones comerciales, es la del DC-3, de la casa Douglas, del cual se fabricaron 11.000 unidades en total y cuya utilización cubre un período de más de treinta años. Para el material militar o civil moderno son frecuentes series que no pasen de varios cientos de unidades.

10. Opera con unas exigencias de calidad muy grandes en todo el extenso ámbito industrial con el que se relaciona, ejerciendo con ello una influencia altamente beneficiosa.

11. Finalmente, cubre una gama de productos sumamente amplia, que permite la flexible adaptación de las posibilidades de cualquier país industrializado, mediante la elección de programas adecuados, bien sea de tipo nacional o en el marco de la cooperación internacional (*).

Esta conferencia no pretende, naturalmente, analizar el caso de España, cuyo estudio, sin embargo, se presta a serias meditaciones a la luz de las consideraciones precedentes. Pero tampoco estaría justificado omitir de plano su mención, aun cuando sólo sea para hacer un breve inventario de los recursos disponibles y de la forma en que se utilizan.

Comenzando por la investigación y el desarrollo, la figura 22 proporciona la evolución de las dos cifras más representativas del INTA: su presupuesto anual, del que, por cierto, casi las tres cuartas partes se consumen en atenciones de personal, y su plantilla. En ambos se aprecia una tendencia al desarrollo en los años recientes, muy estimulante, pero se debe prevenir el riesgo a la congelación que, unida al dato anterior sobre la aplicación de los créditos, suscita serios temores en cuanto al futuro. A título de comparación, invocada en varias ocasiones precedentes en esta Conferencia, diremos que la Junta de Energía Nuclear, si bien con recursos también notoriamente escasos, cuenta con un presupuesto anual de 700 millones de pesetas y con una plantilla de 2.300 personas.

Aun cuando dedicado en gran parte a servicios de asistencia técnica, el INTA desarrolla también tareas de investigación propiamente dicha, algunas incluso de carácter internacional, materia sobre la que no me detendré aquí, por haber sido objeto de la VI Conferencia Juan de La Cierva, pronunciada por el profesor Sánchez Tarifa, en 1963.

También ha realizado un esfuerzo muy meritorio y positivo para la formación de sus Ingenieros en el extranjero, principalmente en Estados Unidos, y mantiene relaciones científicas y técnicas, altamente estimulantes, con ese y otros países.

Pero deserciones frecuentes de personal clave a sectores que ofrecen mejores oportunidades, por razones de fácil diagnóstico, son un aviso que no debe

desoírse, si no quiere dañarse seriamente el porvenir del Instituto.

La puesta en práctica del Programa Espacial Español, cuya ejecución ha sido encomendada al INTA por la Comisión Nacional del Espacio, ha venido a inyectar nueva savia en sus planes de trabajo, que debiera aprovecharse para revitalizarlo.

Pasando ahora a la industria, su estructura, capacidad y situación se reflejan en el cuadro de la figura 23. Aquí, la mayor amenaza estriba en la poco justificada ausencia de un programa aeronáutico a medio plazo, que debe emanar del Estado. Dicho programa ha de tener un plazo de duración suficiente para asegurar la continuidad de trabajo y debe aprovechar una capacidad técnica, material y humana suficientemente acreditadas, incluso en contratos de colaboración con el exterior, los cuales han proporcionado una valiosa experiencia sobre el material moderno y los medios de trabajo.

Sorprende comprobar que la atención prestada por el Primer Plan de Desarrollo a nuestra industria aeronáutica es rigurosamente nula, mientras que las inversiones previstas, sólo para la aeronáutica civil, en infraestructura y aeronaves, se cifran en más de 15.000 millones de pesetas a lo largo de los cuatro años de duración. La ejecución de este Plan se está llevando a la práctica, además, a un ritmo sólo ligeramente inferior al previsto, impulsado por una tendencia al crecimiento del tráfico aún mayor que la que dimos anteriormente para otros países. Es claro que las cifras anteriores no incluyen las necesidades de la Defensa, que aquí, como en todas partes, tiene que ser el primer y más seguro cliente del sector.

Al parecer, el Segundo Plan de Desarrollo tomará en cuenta la situación y posibilidades de este sector, en el que, junto a unas necesidades que deben estudiarse con criterio muy selectivo por lo que respecta al desarrollo de soluciones propias, la cooperación internacional y el trabajo bajo licencia ofrecen, sin duda, oportunidades seguras.

Finalmente, los recursos técnicos humanos, presentes y potenciales, se muestran en la figura 24, que da la evolución del número de Ingenieros aeronáuticos y del de alumnos de la Escuela.

A la vista de estas cifras, está claro que la vocación de nuestra juventud por la técnica aeroespacial no ofrece dudas y también se ve que disponemos de unos cuadros técnicos superiores más que suficientes para las exigencias propias del sector.

Su aptitud está acreditada también, no sólo en el campo aeronáutico, sino en los otros varios en que buscan salida a sus posibilidades más del 50

(*) Son muy ilustrativos, a este respecto, por ejemplo, los programas industriales aeronáuticos de Suecia (con ciento cincuenta años de paz) o los de Suiza (con cerca de cuatrocientos).

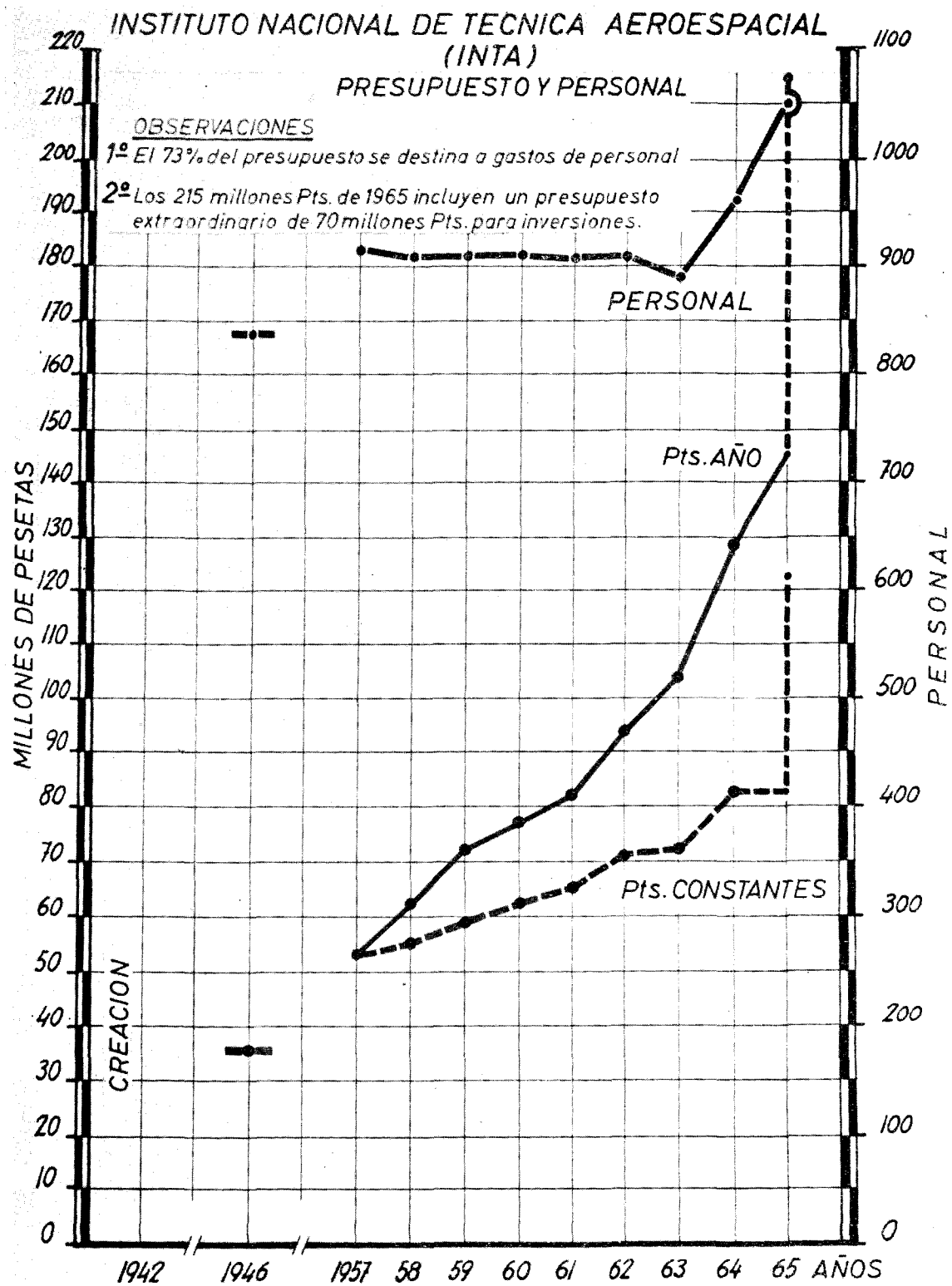


Figura 22.

INDUSTRIA AERONAUTICA ESPAÑOLA

EMPRESAS	Activo Fijo Neto — Millones pesetas	Capital Social — Millones pesetas	Plantilla — número	Ventas anuales — Millones pesetas	% Facturación Aero-náutica
INDUSTRIAS AERONAUTICAS					
Construcciones Aeronáuticas, S. A.	320	150	4.362	783	49
Aeronáutica Industrial, S. A.	220	90	757	461	6,2
Empresa Nacional de Motores de Aviación, Sociedad Anónima (ENMASA)	1.284	300	1.955	784	7,5
La Hispano Aviación, S. A.	241	51	1.025	193	44
	2.065	591	8.099	2.221	25
INDUSTRIAS AUXILIARES					
Bressel, S. A.	275	93	1.304	255	0,75
E. N. Hélices Aeronaves, S. A.	224	80	284	66,3	33
Fábrica Española Magnetos, S. A.	838	345	3.183	662	1,5
Iberavia, S. A.	46	30	327	250	36
Manufacturas Metálicas Madrileñas	—	—	2.914	1.000	2,5
Marconi Española, S. A.	765	450	4.376	1.400	10
S. A. Sampere de Paracaídas	—	21	92	14	100

Figura 23.

por 100 de nuestros ingenieros, especialmente, por ejemplo, en la industria de automoción. Una acertada encuesta, llevada a cabo por la Asociación el año 1965, da cifras de situaciones y preferencias que también deben hacer meditar detenidamente a quienes tienen la alta misión de que ese caudal técnico sea debidamente aprovechado.

Para terminar, séame permitido decir que, tanto la industria aeronáutica como la investigación espacial, viven ahora momentos particularmente críticos en nuestro país.

La primera, porque parece enferma de consideración y se requiere un tratamiento enérgico y acertado, según hemos dicho, para devolverle la salud.

La segunda, porque acaba de nacer ahora y será en el futuro lo que de ella se haga en estos momentos en que presupuestos y programas se hallan en fase de discusión. Estaría fuera de lugar y de mis posibilidades intentar opinar sobre los mismos, pero no parece de más recordar que en tales empeños existe una dimensión presupuestaria crítica, por debajo de la cual pocos resultados positivos cabe esperar. En cuanto al programa en sí, una concentra-

ción de esfuerzos en unos pocos temas bien definidos, en los que pueda aportarse algo; en el marco de una cooperación internacional que resulta obligada y desarrollados a un "tempo" lo suficientemente rápido para no quedar fuera de época, parecen premisas esenciales.

El interés de ambas cuestiones es tan claro y de tanta significación para el futuro del sector que cualquier iniciativa que aborde el tema en todo su alcance y responsabilidad, será ampliamente remuneradora.

Pese a lo que acabo de decir, personalmente creo que hay motivos para contemplar el futuro con un optimismo moderado. Esto es así porque hablamos de una técnica de porvenir, cuya presencia acaba por imponerse de modo inevitable; porque existe conciencia general de la situación planteada y, finalmente, porque se cuenta, como acabamos de ver, con una infraestructura básica, ya existente, que es siempre lo más difícil de desarrollar y que aquí se trataría tan sólo de aprovechar debidamente, impidiendo que se malogre en un proceso de desertión acelerada que resultaría irreversible.